

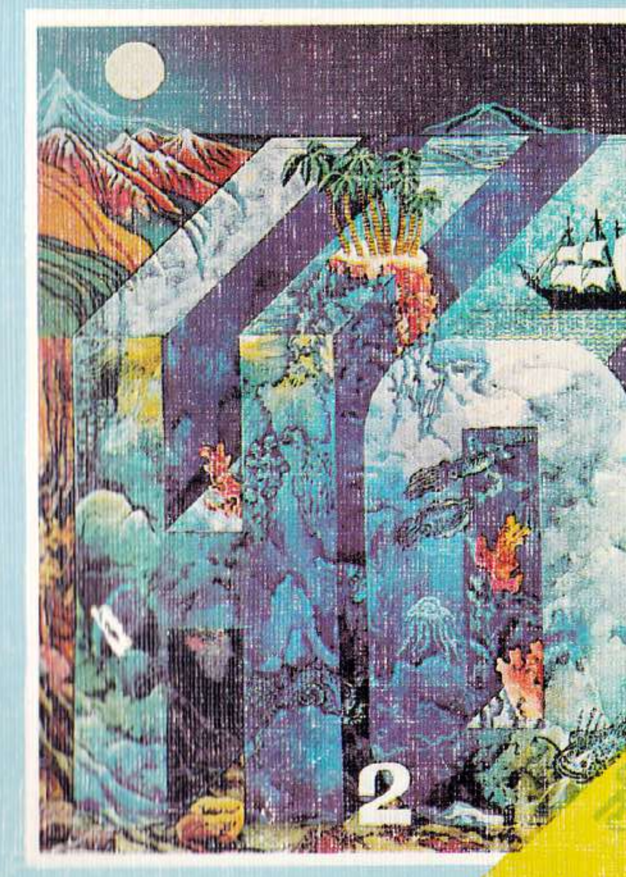
इगोर वसीलियेविच पेत्र्यानव भौतिकी-रसायन के क्षेत्र में एक विख्यात सोवियत वैज्ञानिक हैं ; वे 1966 से अकादमी-शियन हैं, "समाजवादी श्रमवीर" की उपाधि से विभूषित हैं। इनका जन्म 1907 में हुआ था, 1931 में मास्को विश्वविद्यालय में अध्ययन समाप्त किया। 15 वर्षों से लि. कार्पोव नाम के भौतिकी-रसायन-संस्थान में काम कर रहे हैं, मेंदेल्येव नाम के संस्थान में प्रोफेसर भी हैं। इनका नाम उन गिने-चुने वैज्ञानिकों में आता है जो गैस में ठोस या द्रव कणों के निलंबन (एयरोजोल) जैसी महत्वपूर्ण संवृतियों का विज्ञान विकसित करने में लगे हैं।

इ. पेत्र्यानव सक्रिय सामाजिक कार्यकर्ता भी हैं। वे प्राकृतिक परिवेश की रक्षा और वातमंडल की स्वच्छता के लिए संघर्षरत हैं। वे तीन लेनिन पदकों से सम्मानित हैं। इसके अतिरिक्त, वे सोवियत संघ के लेनिन पुरस्कार व राज्य पुरस्कार विजेता हैं।

मीर प्रकाशन

ई. व. पेत्र्यानव

विश्व का सबसे विलक्षण द्रव्य



सोवियत विज्ञान साहित्य

विश्व का सबसे विलक्षण द्रव्य

И.В. Петрянов

Самое необыкновенное вещество в мире

издательство «Педагогика»

ई. व. पेत्र्यानव

विश्व का सबसे विलक्षण द्रव्य

मीर प्रकाशन, मास्को

पीपुल्स पब्लिशिंग हाउस (प्रा.) लिमिटेड
५ ई, रानी झांसी रोड, नई दिल्ली-११००५५

राजस्थान पीपुल्स पब्लिशिंग हाउस (प्रा) लि.
चमेलीवाला मार्केट, एम. आई. रोड, जयपुर-302001

अनुवादक :
देवेंद्र प्र. वर्मा

I. V. Petryanov
The Most Unusual Substance in the World

На языке хинди

सोवियत संघ में मुद्रित

ISBN 5-03-000304-5

"विश्व का सबसे विलक्षण द्रव्य" में लेखक प्रश्नोत्तरी के रूप में पानी और इसके गुणों का भी वर्णन करते हैं जिनकी अभी तक कोई व्याख्या नहीं हो पायी है।

पानी के बारे में अनेक नयी रोचक बातों को जानकर पाठकगण यह विश्वास कर सकेंगे कि दुनिया के असंख्य द्रव्यों के बीच पानी को एक बिल्कुल अलग स्थान प्राप्त है, जिसके कारण वह जीवन की उत्पत्ति का आधार बन सका है।

विषय-सूची

पानी क्या है ?

इस तरह का प्रश्न अजीब-सा लग सकता है और साथ ही थोड़ा अपमानजनक भी। कौन यह नहीं जानता? सभी जानते हैं कि पानी हाइड्रोजन और आक्सीजन का यौगिक है। यह रहा इसका सूत्र : H_2O। इसे भी सभी जानते हैं।

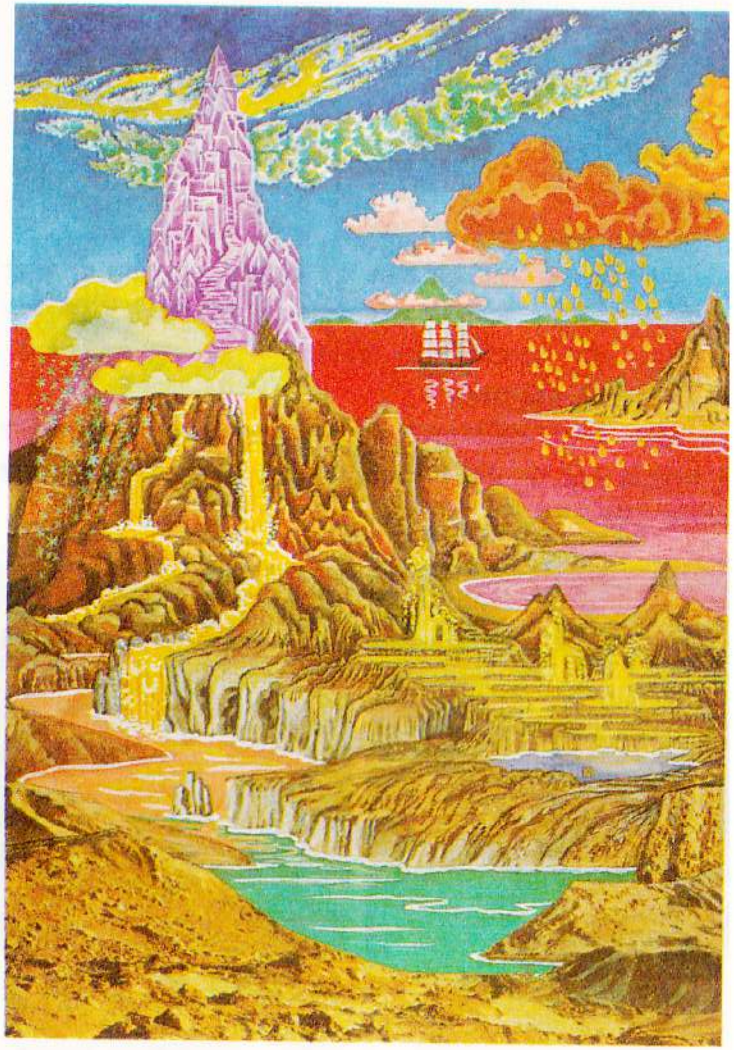
पानी से हर आदमी परिचित है : लोग सुबह नहाते हैं, चाय पीते हैं, पानी में तैरते है, वर्षा में भीगते हुए दौड़ते हैं, बर्फ पर स्केटिंग और स्कीइंग करते हैं।





पर हाइड्रोजन क्या है ? सच कहें, तो ऐसे प्रश्न पूछने ही नहीं चाहिए।

इनका उत्तर सरलता से नहीं दिया जा सकता, क्योंकि यहां अंतर्वस्तु



का कोई अंत नहीं है । आप सारी जिंदगी हाइड्रोजन के अध्ययन में बिता दे सकते हैं, फिर भी जरूरी नहीं कि पूरा उत्तर मिल जाये ।

पर कुछ तो कहना ही चाहिए । रसायनविद अब तक यह निश्चय नहीं कर पाये हैं कि हाइड्रोजन को मेंदेल्येव की सारणी में कहां रखा जाये । वे उसे एक साथ दो ग्रुपों में रखते हैं : ग्रुप VII में, जहां उसकी गिनती हैलोजेनों (halogens)—फ्लोरीन, क्लोरीन, ब्रोमीन—के सगोत्र के रूप में होती है, और ग्रुप I में, क्योंकि वह क्षारीय धातुओं—लीथियम, सोडियम, पोटाशियम—के साथ समानता रखता है । फिर हाइड्रोजन है क्या ?

सोवियत अन्वेषकों ने उच्च दाब के अंतर्गत हाइड्रोजन के गुणों का अध्ययन करते समय यह देखा कि करीब तीस लाख वातदाब पर संपीडित हाइड्रोजन में अचानक एक आश्चर्यजनक गुण आ जाता है—वह विद्युचालक हो जाती है, जैसे कि कोई भी सामान्य धातु होती है ।

इस संवृत्ति का संकेत सिद्धांतकारों ने बहुत पहले ही दे दिया था और अब प्रयोग इसे साकार कर रहे हैं ।

बात कितनी भी विचित्र क्यों न लगे, हाइड्रोजन सम्भवतः धातु ही है ।

आक्सीजन क्या है ? इस छोटी सी-किताब में इस प्रश्न का उत्तर मत ढूंढ़िए । बेहतर होगा, यदि आप पहले पाठ्य-पुस्तक देख लें ।

हाइड्रोजन के कितने प्रकार हैं ? प्रकृति में तीन अलग-अलग हाइड्रोजन—इसके तीन समस्थ (isotopes)—हैं । सबसे हल्की है ^1H । रसायनविद इसे अक्सर प्रोटियम कहते हैं । साधारण पानी में लगभग सारी हाइड्रोजन प्रोटियम के रूप में होती है । हर पानी में इसके अतिरिक्त भारी हाइड्रोजन—ड्युटेरियम (^2H)—भी होती है, इसे रसायनविद अक्सर प्रतीक D से द्योतित करते हैं । ड्युटेरियम पानी में बहुत

कम होती है। प्रोटियम के हर 6700 परमाणुओं पर ड्युटेरियम का औसतन सिर्फ एक परमाणु मिलता है। प्रोटियम और ड्युटेरियम के अलावा एक अतिभारी हाइड्रोजन ^3H भी होती है। इसे अक्सर ट्रीटियम कहते हैं और इसे वर्ण T से द्योतित करते हैं।

ट्रीटियम रश्मिसक्रिय पदार्थ है। इसका अर्धक्षय-काल 12 वर्ष से कुछ अधिक है। यह पदार्थ समताप-मंडल में अंतरिक्षी विकिरण के प्रभाव से निरंतर बनता रहता है। हमारी पृथ्वी पर ट्रीटियम लुप्तप्राय मात्रा में है—एक किलोग्राम से भी कम; पर इसके बावजूद, यह पदार्थ हर जगह मिल सकता है—पानी की किसी भी बूंद में।

भौतिकविद ट्रीटियम को नाभिकीय रिऐक्टरों में कृत्रिम रूप से भी प्राप्त करना सीख चुके हैं।

वैज्ञानिकों को संदेह होने लगा कि कहीं हाइड्रोजन का चौथा समस्थ (^4H) और यहां तक कि पांचवां भी (^5H) तो नहीं है। ये भी रश्मिसक्रिय ही होंगे।

और दूसरी हाइड्रोजन नहीं है? लगता है, नहीं ही हैं। वैज्ञानिकों को कम से कम अभी तक कोई नयी हाइड्रोजन नहीं मिली है। पर पोजीट्रोन और एंटीप्रोटोन ज्ञात हैं। इसका मतलब है कि एंटीहाइड्रोजन के बारे में भी बात की जा सकती है, इसके परमाणुओं में ऋणात्मक नाभिक (एंटीप्रोटोन) के गिर्द धनात्मक एलेक्ट्रोन (पोजीट्रोन) परिक्रमा करता रहता है। एंटीड्युटेरोन मिल चुका है और इसलिए सम्भव है कि हाइड्रोजन का द्रव्यमान-संख्या 2 वाला समस्थ एंटीड्युटेरियम भी होता है। हाल ही में एंटीट्रीटियम का नाभिक मिला था।

इसमें कोई संदेह नहीं हो सकता कि इन एंटीनाभिकों और पोजीट्रोनों से एंटीपरमाणु बन सकते हैं, पर अभी तक एंटीहाइड्रोजन का सरलतम एंटीपरमाणु नहीं देखा जा सका है।

आक्सीजन कितनी हैं? प्रकृति में आक्सीजन के तीन भिन्न समस्थ मिले हैं। सबसे अधिक मात्रा में हल्की आक्सीजन ^{16}O मिलती है, भारी आक्सीजन ^{18}O काफी कम है, आक्सीजन ^{17}O बिल्कुल ही कम है। जिस हवा में हम सांस लेते हैं, उसकी आक्सीजन में ^{17}O के प्रत्येक 10 परमाणु पर ^{18}O के 55 परमाणु होते हैं और समस्थ ^{16}O के 26 000 से भी अधिक परमाणु होते हैं।

भौतिकविद अपने त्वरित्रों और रिऐक्टरों में आक्सीजन के पांच अन्य रश्मिसक्रिय समस्थ बनाने में सफल हो चुके हैं। ये हैं: ^{13}O, ^{14}O, ^{15}O, ^{19}O, ^{20}O। इनका जीवन-काल बहुत लंबा नहीं है; कुछ मिनटों में क्षयित होकर ये अन्य तत्त्वों के समस्थों में परिणत हो जाते हैं।

कितने प्रकार के विभिन्न पानी हो सकते हैं? यदि सामान्य सूत्र H_2O वाले यौगिक के सभी सम्भव प्रकारों की गिनती की जाये, तो परिणाम आशातीत होगा: कुल अड़तालीस तरह के पानी हो सकते हैं। इनमें से उन्तालीस पानी रश्मिसक्रिय होंगे। स्थायी टिकाऊ 'पानियों' की संख्या भी कम नहीं होगी:—नौ:

$H_2{}^{16}O$, $H_2{}^{17}O$, $H_2{}^{18}O$, $HD^{16}O$, $HD^{17}O$, $HD^{18}O$, $D_2{}^{16}O$, $D_2{}^{17}O$, $D_2{}^{18}O$।

यदि हाइड्रोजन के दो और अतिभारी समस्थों —^4H व ^5H— के अस्तित्व की बात पूरी तरह से सच निकली, तो एक सौ बीस भिन्न पानी संभव होंगे। पर सारी बात यहीं खत्म नहीं होती। 1970 में सोवियत भौतिकविदों ने बहुआवेशी आयनों के विशाल त्वरित्र में एक अद्‌भुत आक्सीजन बनायी—यह अतिभारी समस्थ ^{24}O था। इसके नाभिक में ढेर सारे न्यूट्रोन होते हैं और यह बहुत अस्थायी होता है। यदि आक्सीजन के इस नये समस्थ को भी ध्यान में रखा जाये, तो विभिन्न पानियों की संख्या एक सौ पैंतीस तक पहुंच जायेगी।

अब इसका हिसाब आप खुद लगाइए कि अंतरिक्ष के साथ की सीमा पर ट्रीटियम-युक्त अणु वाले कितने पानी बनते हैं और वर्षा के रूप में जमीन पर गिरते हैं। इसमें यह भी जोड़ सकते हैं कि परमाणु रिऐक्टर को ठंडा करने वाले पानी में कितने भिन्न प्रकार के रश्मि-सक्रिय पानी बनते हैं। दुनिया में कहीं से भी एक गिलास पानी लीजिए, उसमें विभिन्न अणुओं का मिश्रण नजर आयेगा, जो अपनी समस्थानिक गठन की दृष्टि से असमान होंगे।* निस्संदेह, भिन्न समस्थानिक गठन वाले अणुओं के बनने की संभाव्यता बिल्कुल समान नहीं है। एक साथ दो या तीन विरल समस्थानिक परमाणुओं वाले अणुओं के बनने की घटना इतनी विरल है और उनकी संख्या इतनी कम है कि भौतिकविदों के अनुसार फिलहाल उनकी उपेक्षा की जा सकती है।

साधारण पानी क्या है? ऐसा पानी दुनिया में है ही नहीं। वह हमेशा असाधारण होता है। समस्थानिक गठन के अनुसार भी प्रकृति में पानी भिन्न होता है। गठन पानी के इतिहास पर निर्भर करती है—इस बात पर कि उसके प्राकृतिक चक्र की अनंत बहुरूपता में उसके साथ क्या-क्या हुआ है। वाष्पन के दौरान पानी प्रोटियम से सांद्रित होने लगता है और इसीलिए वर्षा का पानी झील के पानी से भिन्न होता है। नदी का पानी समुद्री पानी से भिन्न होता है। संवृत झीलों के पानी में ड्युटेरियम अधिक होती है—बनिस्बत कि पहाड़ी स्रोतों के। हर स्रोत में पानी का अपना निजी समस्थानिक गठन होता है।

जाड़ों में तालाब या झील का पानी जब जम जाता है, तो उसकी

* अणु की समस्थानिक गठन—इससे तात्पर्य है कि अणु में कितने प्रकार के समस्थ हैं और वे किस अनुपात (या प्रतिशत मात्रा) में हैं। इसी प्रकार से, हवा (या पानी) का समस्थानिक गठन हवा (या पानी) के दिये हुए नमूने में विभिन्न समस्थानिकों का अनुपात है।—अनु.

सतह पर स्की करने वालों को संदेह तक नहीं होता कि बर्फ का समस्थानिक गठन बदल चुका है: उसमें भारी हाइड्रोजन का अंश कम हो जाता है और भारी आक्सीजन का अंश बढ़ जाता है। पिघलती हुई बर्फ का पानी दूसरा होता है; वह उस पानी से भिन्न होता है जिसके जमने से बर्फ बनी थी।

यदि पानी का रासायनिक विघटन कर दिया जाये और इससे प्राप्त हाइड्रोजन को जलाया जाये, तो फिर पानी ही मिलेगा, लेकिन बिल्कुल दूसरा। कारण यह कि हवा में स्थित आक्सीजन का औसत समस्थानिक गठन, पानी में स्थित आक्सीजन के औसत समस्थानिक गठन से भिन्न होता है। लेकिन एक बात है: हवा का समस्थानिक गठन सारी पृथ्वी पर एक-सा है, जबकि पानी का—नहीं।

प्रकृति में पानी की समस्थानिक गठन स्थिर नहीं होती और सिर्फ इसीलिए हम यह नहीं कह सकते कि अमुक जगह पर साधारण पानी होता है।

हल्का पानी क्या है? यह वही पानी है जिसका सूत्र हम स्कूलों में सीखते हैं—$^{1}H_2{}^{16}O$। पर प्रकृति में ऐसा पानी नहीं है। इस तरह का पानी वैज्ञानिकों ने बड़ी कठिनाई से तैयार किया है। इसकी जरूरत पड़ी थी पानी के गुणों का—विशेषकर उसके घनत्व का—सही-सही माप लेने के लिए। फिलहाल यह पानी संसार की चंद बड़ी प्रयोगशालाओं में ही है, जहां विभिन्न समस्थानिक यौगिकों का अध्ययन किया जाता है।

भारी पानी क्या है? प्रकृति में यह पानी भी नहीं है। सही मायने में भारी पानी सिर्फ उसको कहते हैं, जो हाइड्रोजन व आक्सीजन के केवल भारी समस्थों से बनता है—$D_2{}^{18}O$; पर ऐसा पानी वैज्ञानिकों की प्रयोगशालाओं में भी नहीं है। निस्संदेह, यदि विज्ञान

और तकनीक को ऐसे पानी की जरूरत पड़ेगी, तो वैज्ञानिकगण इसे प्राप्त करने की विधि ढूंढ़ लेंगे : प्राकृतिक जल में ड्युटेरियम और आक्सीजन जितनी चाहें, मिल जायेगी ।

विज्ञान और नाभिकीय तकनीक में औपचारिकतः भारी हाइड्रोजन वाले पानी को **भारी पानी** कहते हैं । इसमें सिर्फ ड्युटेरियम होती है और हाइड्रोजन का साधारण हल्का समस्थ बिल्कुल नहीं होता । इस पानी में आक्सीजन का समस्थानिक गठन हवा की आक्सीजन के सामान्य गठन जैसा होता है । भारी हाइड्रोजन वाले पानी का सूत्र लिखा नहीं जा सकता । यह कोई रासायनिक यौगिक नहीं है, विभिन्न पानियों का मिश्रण है । इनमें से हरेक में ड्युटेरियम होती है और हल्की हाइड्रोजन बिल्कुल ही नहीं होती । भिन्न समस्थानिक गठन वाले पानियों के इस मिश्रण में आक्सीजन के टिकाऊ समस्थ ठीक उसी अनुपात में होते हैं जो हवा में होता है ।

अभी हाल तक दुनिया में किसी को यह संदेह भी नहीं था कि ऐसा पानी होता है, पर अब अनेक देशों में बड़े-बड़े कारखाने काम कर रहे हैं जो लाखों-करोड़ों टन पानी संसाधित करते रहते हैं ताकि ड्युटेरियम निकाल कर शुद्ध भारी पानी प्राप्त कर सकें ।

आधा भारी पानी होता है ? आधा भारी पानी HDO गठन वाले मिलावटी अणुओं से बने पानी को कह सकते हैं । यह प्राकृतिक जल में उपस्थित रहता है, पर शुद्ध रूप में इसे प्राप्त करना असंभव है, क्योंकि पानी में हमेशा समस्थानिक विनिमय की प्रतिक्रिया चलती रहती है । हाइड्रोजन-समस्थ के परमाणु बहुत चंचल होते हैं और निरंतर पानी के एक अणु से दूसरे अणु में आते-जाते रहते हैं । ऐसा पानी जिसकी औसत गठन आधे भारी पानी के सूत्र के अनुरूप हो, तैयार करना कठिन नहीं है । पर विनिमय की प्रतिक्रिया

$$2\ HDO \leftrightarrows H_2O + D_2O$$

के कारण वह भिन्न समस्थानिक गठन वाले अणुओं—H_2O, HDO, D_2O—का मिश्रण बन जाता है ।

शून्य पानी क्या है ? शून्य पानी शुद्ध हल्की हाइड्रोजन और वातावरणीय आक्सीजन से बनता है । शून्य पानी का भी सूत्र लिखना असंभव है । यह कई पानियों का मिश्रण होता है जिनमें से प्रत्येक, हल्की हाइड्रोजन के साथ आक्सीजन के किसी टिकाऊ समस्थ के मिलने से बना होता है । शून्य पानी में विभिन्न आक्सीजनों का अनुपात वही है जो हवा में होता हैं । शून्य पानी में भारी हाइड्रोजन नहीं होती ।

भौतिक-रसायनविदों ने इस पानी को मानक के रूप में चुन लिया है क्योंकि इसकी गठन बहुत स्थायी होती है । इसे प्राप्त करना भी कठिन नहीं है और इसके साथ अज्ञात गठन वाले पानी की तुलना करना सुविधाजनक है : दोनों के घनत्व का अंतर निर्धारित करके ड्युटेरियम का अनुपात ज्ञात किया जा सकता है ।

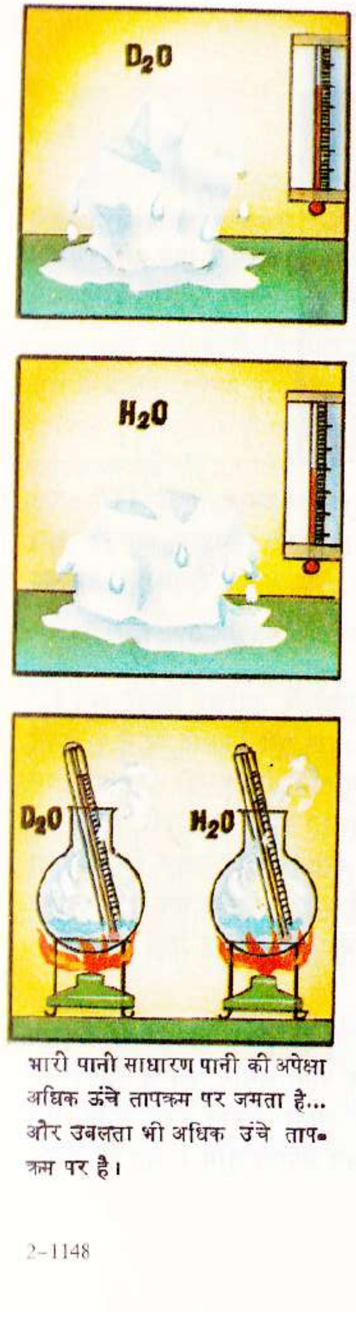
और कोई पानी है ? उपरोक्त पानियों के अतिरिक्त एक और पानी है—भारी आक्सीजन वाला ($H_2{}^{18}O$) । इसे प्राकृतिक जल से प्राप्त करना बहुत कठिन है और जटिल भी । शुद्ध रूप में इसे अब तक किसी ने भी नहीं प्राप्त किया है । अनेक जैव तथा रासायनिक प्रक्रियाओं के अध्ययन में भारी आक्सीजन वाले पानी की बहुत आवश्यकता पड़ती है, इसीलिए अब कारखानों में इस पानी का साधारण पानी में काफी सांद्रित घोल प्राप्त किया जाता है ।

रश्मिसक्रिय पानी होता है ? हां । भौतिकविद परमाणु रिऐक्टरों में कृत्रिम विधि से ट्रीटियम वाला पानी बनाना सीख गये हैं । शक्तिशाली रश्मिसक्रियता के कारण यह पानी बहुत खतरनाक है । फिलहाल इस तरह के पानी की सिर्फ वैज्ञानिकों को जरूरत है ।

और कोई नया पानी प्राप्त नहीं किया गया है ? नहीं । कारण यह कि बाकी संभव पानियों की अभी किसी को जरूरत नहीं है । यदि जरूरत होगी, तो विज्ञान बेशक उनमें से किसी को भी प्राप्त करने की विधि ढूंढ़ लेगा ।

क्या एंटीजल भी होना चाहिए ? भौतिकविद अभी इस प्रश्न का उत्तर नहीं दे सकते । एंटीहाइड्रोजन के अस्तित्व की संभावना स्वीकार करने का आधार तो है, पर एंटीआक्सीजन के अस्तित्व के बारे में फिलहाल कुछ नहीं कहा जा सकता । यह सच है कि सोवियत अन्वेषकों ने एंटीहीलियम के एक समस्थ का नाभिक प्राप्त कर लिया है । यह एंटीहीलियम-3 है । यदि एंटीतत्त्व No. 2 मिल चुका है, तो आशा व्यक्त की जा सकती है कि वैज्ञानिक शीघ्र ही एंटीतत्त्व No. 8 (एंटीआक्सीजन) तक भी पहुंच जायेंगे । अधिक संभव है कि वे स्वयं इसे बना लें । तब एंटीजल के बारे में कुछ कहा जा सकेगा । एंटीहाइड्रोजन और साधारण आक्सीजन से, जैसा कि आप खुद समझते होंगे, पानी बनने का सवाल ही पैदा नहीं होता । इनके मिलन से सिर्फ विराट पैमाने पर ध्वंस ही हो सकता है ।

इसीलिए एंटीहाइड्रोजन-समस्थ वाले पानी की गणना करने की फिलहाल जरूरत नहीं । एंटीजल के अणु उत्पन्न हों, इसके लिए एंटीआक्सीजन का होना जरूरी है जिसके बारे में हम अभी कुछ भी नहीं जानते । पर ब्रह्मांड में कोई ऐसा कोना हो सकता है, जहां की दुनिया एंटीद्रव्य से बनी हो (भौतिकविद और खगोलशास्त्री इस बात को काफी गंभीरता से लेते हैं) । इस एंटीविश्व में ही विभिन्न एंटीजल हो सकते हैं । वहां उनकी संख्या उतनी ही होगी, जितने हमारे विश्व में विभिन्न जल हैं । बात ठीक है या गलत, यह फिलहाल कोई नहीं बता सकता । इसीलिए, कितनी तरह के पानी हो सकते हैं, यह हम अभी नहीं जानते ।



भारी पानी साधारण पानी की अपेक्षा अधिक ऊंचे तापक्रम पर जमता है... और उबलता भी अधिक ऊंचे तापक्रम पर है ।

पानी में बहुत तरह के पानी मिले होते हैं क्या ? किस पानी में ? उसमें जो नदी से आकर नल में बहता है, भारी पानी $D_2{}^{16}O$ करीब 150 g प्रति टन होता है और भारी आक्सीजन वाला पानी ($H_2{}^{17}O$ तथा $H_2{}^{18}O$ दोनों मिलाकर) करीब 1800 g प्रति टन होता है । प्रशांत महासागर के पानी के एक टन में भारी पानी लगभग 165 g होता है ।

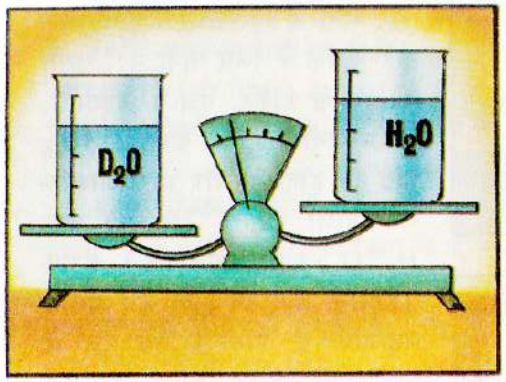
काकेशस के बड़े हिमपर्वतों की एक टन बर्फ में भारी पानी 7 g अधिक होता है, बनिस्बत कि नदी के पानी में; भारी आक्सीजन वाला पानी भी इतना ही होता है । पर इन हिमपर्वतों पर बहने वाले स्रोतों में $D_2{}^{16}O$ करीब 7 g कम है और $H_2{}^{18}O$ — 23 g अधिक है, बनिस्बत कि नदी में ।

ट्रीटियम वाला पानी वातावरणीय अवसादन के रूप में जमीन पर गिरता है—पर बहुत कम : वर्षा के 10 खरब (10^{12}) टन पानी में यह सिर्फ 1 g होता है ।

समुद्री पानी में वह और भी कम है ।

यदि ठीक-ठीक कहा जाये, तो

2–1148



साधारण पानी से भारी होने के कारण ही भारी पानी को भारी कहते हैं ।

पानी हमेशा और हर जगह भिन्न है । अलग-अलग दिन गिरी बर्फ की भी समस्थानिक गठन अलग-अलग होती है । बेशक, अन्तर कुछ बड़ा नहीं है—एक टन में सिर्फ 1-2 g का अन्तर होता है । पर यह ज्यादा है या कम, कहना मुश्किल है ।

हल्के प्राकृतिक पानी और भारी पानी में आखिर अन्तर क्या है ? उत्तर इस बात पर निर्भर करता है कि आप पूछ किससे रहे हैं । हममें से किसी को भी शक नहीं होता कि हम पानी से अच्छी तरह परिचित हैं । यदि हममें से हरेक को एक-एक गिलास साधारण, भारी और हल्का पानी दिया जाये तो हम बिल्कुल साफ और निश्चित उत्तर देंगे : तीनों ही गिलासों में साधारण स्वच्छ पानी है । वह समान रूप से पारदर्शक और रंगहीन है । स्वाद और महक में भी कोई अन्तर नहीं निकलेगा । यह सही भी है—यह सब पानी है ।

रसायनविद इस प्रश्न का करीब ऐसा ही उत्तर देगा कि ये **लगभग** समान हैं : सोडियम डालने पर प्रत्येक पानी समान रूप से हाइड्रोजन मुक्त करेगा, विद्युविश्लेषण करने पर ये पानी समान तरह से विघटित होंगे, उनके सभी रासायनिक गुण **लगभग** संपाती होंगे । यह भी समझ

में आने वाली बात है : उनकी रासायनिक गठन समान है, ये पानी हैं ।

भौतिकविद यह नहीं मानेगा । वह उनके भौतिक गुणों में काफी बड़ा अन्तर दिखा सकता है : ये भिन्न तापक्रमों पर खौलते या जमते हैं, इनका घनत्व अलग-अलग है, इनके वाष्पों की प्रत्यास्थता भी कुछ भिन्न है । विद्युविश्लेषण करने पर इनका विघटन समान वेग से नहीं होता । हल्का पानी कुछ जल्दी विघटित होता है और भारी पानी—कुछ धीरे । वेगों में अन्तर नगण्य है, पर विद्युविश्लेषण में अवशिष्ट पानी भारी पानी से कुछ सांद्रित हो जाता है । भारी पानी की खोज इसी विधि के फलस्वरूप हुई थी । समस्थानिक गठन में परिवर्तन द्रव्य के भौतिक गुणों को कम प्रभावित करते हैं । पर जो गुण अणु के द्रव्यमान पर निर्भर करते हैं, वे ज्यादा परिवर्तित होते हैं । उदाहरणार्थ—वाष्प के अणुओं का विसरण-वेग ।

जीववैज्ञानिक संभवतः चुप बैठ जायेगा, तुरंत जवाब नहीं दे सकेगा । उसे भिन्न समस्थानिक गठन वाले पानी में अन्तर की समस्या पर अभी बहुत काम करना है । अभी हाल तक सभी मानते थे कि भारी पानी में कोई भी प्राणी जी नहीं सकता । उसे **मृत** पानी की संज्ञा भी दी गयी थी । पर पता चला कि कुछ सूक्ष्मजीवों को भारी पानी का आदी बनाया जा सकता है—यदि जिस पानी में वे रहते हैं, उसमें बहुत सावधानी से धीरे-धीरे प्रोटियम को ड्युटेरियम से विस्थापित किया जाये । वे इस पानी में आराम से रहेंगे, विकसित भी होंगे । साधारण पानी उनके लिए हानिकर हो जायेगा ।

भारी पानी की किसे जरूरत है ? मानवता को । मानवता उस सीमा तक पहुंच गयी है जिसके पार औजिक भूख का भयंकर खतरा उसका इंतजार कर रहा है । सारी उम्मीद इसी बात पर है कि औजिकी में भारी पानी का उपयोग किया जायेगा ।

अभी भारी पानी की क्या जरूरत है ? उपरोक्त बातों का संबंध सिर्फ उन गुणों से है जो परमाणुओं की संरचना तथा उनकी क्रम-संख्या, अणु में एलेक्ट्रोनों तथा परमाणु-नाभिकों में वैद्युत आवेशों की संख्या और उनकी पारस्परिक स्थिति पर निर्भर करते हैं । द्रव्यों का रासायनिक आचरण सिर्फ इसी से निर्धारित होता है । अणु की संरचना परमाणु-नाभिक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करती । इसीलिए भिन्न समस्थानिक गठन वाले समान अणु लगभग समान होते हैं ।

पर विज्ञान में शब्द "लगभग" का प्रयोग बहुत सावधानी से, सोच-समझ कर, करना चाहिए । यह सच है कि रासायनिक यौगिक समस्थानिक गठन के अनुसार भिन्न होते हैं और रासायनिक गुणों के अनुसार लगभग अभिन्न होते हैं । पर फिर भी इन सबों का आचरण थोड़ा भिन्न होता है । उनमें प्रेक्षित समस्थानिक प्रभावों का मान कुछ ज्यादा नहीं होता : प्रतिक्रिया की चाल थोड़ी भिन्न हो जाती है, संतुलन-स्थिरांकों के मान थोड़े बदल जाते हैं । तात्विक गठन और संरचना की दृष्टि से भिन्न अणुओं का स्पेक्ट्रम भी भिन्न होता है यदि उनकी समस्थानिक गठन समान होती है ।

समस्थानिक यौगिकों के गुणों की समानता तब खत्म होती है, जब गतिकीय और नाभिकीय लंछकों (गतिकीय और नाभिकीय विशेषताओं की सूचक राशियों) का प्रश्न उठता है । एक ही तापक्रम पर भारी समस्थानिक परमाणु वाला अणु अपेक्षाकृत कम वेग से गतिमान होता है; ऐसे कणों के बीच टक्कर होने पर गतिज ऊर्जा का विनिमय दूसरे ढंग का होता है । प्रमुख बात तो यह है कि नाभिकीय रूपांतरण में भाग लेने की अणुओं की क्षमता में परिवर्तन आ जाता है । बस ये ही गुण हैं जो भारी पानी को अन्य समस्थानिक गठन वाले किसी भी पानी से अलग करते हैं क्योंकि उसकी गठन में भारी हाइड्रोजन है । हमारे युग में भारी पानी का उपयोग नाभिकीय रिऐक्टरों में न्यूट्रोनों को धीमा (मंद) करने के लिए सफलतापूर्वक हो रहा है ।

परमाणु-भट्ठी में मंदक की भूमिका बहुत महत्त्वपूर्ण है । जब यूरेनियम-235 का नाभिक विघटित होकर दो टुकड़ों—परमाणु नाभिकों—में बंटता है, तो उसमें से एक साथ दो या तीन न्यूट्रोन निकल पड़ते हैं । इनका वेग बहुत ज्यादा होता है : 20 000 km/s (किलोमीटर प्रति सेकेंड) से भी ज्यादा । यूरेनियम के दूसरे परमाणुओं में ये क्षिप्र न्यूट्रोन स्वयं विघटन नहीं शुरू कर सकते । ये परमाणुओं के पास से इतनी तेजी से गुजरते हैं कि प्रतिक्रिया शुरू भी नहीं हो पाती । न्यूट्रोनों को करीब 2.2 km/s वेग तक मंदित करना पड़ता है ताकि वे परिवेशी अणुओं की तापीय गति के साथ संतुलन में आ सकें । इसके लिए न्यूट्रोनों की ऊर्जा करीब 6 करोड़ गुनी कम होनी चाहिए । मंदक के रूप में हर द्रव्य काम नहीं आ सकता । चयन बहुत सीमित है । प्रथमतः, द्रव्य ऐसा होना चाहिए जो न्यूट्रोन को अवशोषित करके स्वयं नाभिकीय प्रतिक्रिया में भाग नहीं लेने लगे । और दूसरे, वह अल्प द्रव्यमान-संख्याओं वाले हल्के तत्त्वों से बना होना चाहिए । भारी नाभिक के साथ टक्कर होने पर न्यूट्रोन का वेग लगभग अपरिवर्तित रहता है, ठीक उसी तरह जैसे दीवार से टकराकर लौटती गेंद का वेग अपरिवर्तित रहता है ।

सबसे अच्छी मंदक हल्की हाइड्रोजन होती, पर वह न्यूट्रोनों को अवशोषित कर लेती है । भारी हाइड्रोजन उन्हें नहीं के बराबर अवशोषित करती है । भारी पानी में प्रविष्ट न्यूट्रोन के लिए भारी हाइड्रोजन से सिर्फ 25 बार टकराना काफी रहता है ताकि उसकी उच्च ऊर्जा कम हो जाये और वह यूरेनियम के साथ व्यतिक्रिया (पारस्परिक क्रिया) करने लायक हो जाये । ग्रैफाइट के रूप में कोयला भी कोई बुरा मंदक नहीं है । लेकिन उसमें न्यूट्रोन को करीब 110 टक्करें खानी पड़ती हैं ताकि उसका आरंभिक वेग घटकर कम हो सके ।

भारी पानी का उपयोग मंदक के रूप में करके इंजीनियर लोग

बहुत कारगर—और खासकर हल्के व कंपैक्ट—परमाणु औजिक संयंत्र बनाते हैं जिनका उपयोग यातायात में होता है ।

भारी पानी और किस लिए जरूरी है ? बहुत सी भौतिक, रासायनिक और जैव प्रक्रियाओं का अध्ययन करने के लिए । बेशक, यह भारी पानी का छोटा-सा उपयोग है—पर यह बहुत महत्वपूर्ण है । ऐसी कोई भी प्राकृतिक प्रक्रिया नहीं जिसमें पानी या हाइड्रोजन भाग न लेती हो । भारी पानी के परमाणु सबसे महत्वपूर्ण चिह्नित परमाणु हैं । रसायनविद इनकी प्रतिक्रियाओं के अध्ययन पर भेदिये जैसी नजर रख रहे हैं ताकि उनके रहस्यों को जाना जा सके । वर्तमान समय में विज्ञान का एक नया क्षेत्र उभर आया है और बहुत तेजी से विकसित हो रहा है । इसका नाम है—समस्थानिक विनिमय का रसायन । इसका सबसे महत्वपूर्ण लक्ष्य है ड्युटेरियम की सहायता से जैव (कार्बनिक) यौगिकों की संरचना का अन्वीक्षण करना और उन्हें उत्पन्न करने वाली रासायनिक प्रतिक्रिया की प्रवाह-विधि का अध्ययन करना ।

मनुष्य को भारी पानी की ही जरूरत क्यों है ? इस प्रश्न का उत्तर देने के लिए आंकड़ों और सूत्रों की भाषा का उपयोग करना पड़ेगा । यह सबसे अच्छी भाषा है क्योंकि इसे कोई भी देशवासी, कोई भी भाषा-भाषी, समझ सकता है ।

रसायनविदों के लिए सभी समस्थानिक परमाणुओं के द्रव्यमान शुद्ध-शुद्ध नापे जा चुके हैं, यथा :

प्रोटियम	^1_1H	$M=1.007\ 825$
ड्युटेरियम	^2_1D	$M=2.014\ 102$
ट्रीटियम	^3_1T	$M=3.016\ 049$

भौतिकविदों ने हल्के परमाणुओं के बीच नाभिकीय प्रतिक्रिया की

संभावना को निर्धारित किया । इसमें ड्युटेरियम-परमाणुओं के बीच प्रतिक्रिया की संभावना भी शामिल है :

$$^2_1D+^2_1D=^1_1H+^3_1T$$

साधारण रसायनशास्त्र द्वारा निरूपित प्रतिक्रिया में द्रव्यमान-संरक्षण का नियम लागू नहीं हो पाता क्योंकि इस प्रतिक्रिया के परिणाम में एक घाटा नजर आता है :

$$(2\cdot 2.014\ 102-1.007\ 825-3.016\ 049)\ g$$
$$=0.004\ 330\ g$$

यह घाटा कुछ कम नहीं है । इसका अर्थ है कि यदि ऐसी परिस्थितियां ज्ञात हो जायें जिनमें भारी हाइड्रोजन के 2 मोल के बीच प्रतिक्रिया होने लगे, तो आइंस्टाइन के समीकरण $\Delta E=\Delta mc^2$ के अनुसार ऊर्जा की निम्न मात्रा प्राप्त होगी :

$$0.00433\cdot(3.0\cdot 10^{10})^2\ erg = 3.9\cdot 10^{18}\ erg$$
$$=3.9\cdot 10^{11}\ J$$

ऊर्जा की यह मात्रा कुछ कम नहीं है । इतनी ऊर्जा प्राप्त करने के लिए अभी की परिस्थितियों में प्रथम कोटि का 13.5 t कोयला भट्ठियों में जलाना पड़ता है । और, इसे खोदना पड़ता है; जमीन के अंदर से निकाल कर भट्ठी तक लाना पड़ता है ।

पर नाभिकीय प्रतिक्रिया के अनुसार उतनी ऊर्जा सिर्फ दो मोल ड्युटेरियम खर्च करने से मिल सकती है जो एक मोल भारी पानी में होती है । अतः साधारण पानी की आवश्यक मात्रा होगी :

$$\frac{6700\cdot 18}{1000}\ kg = 120.6\ kg,$$

या 120 लीटर । इसका मतलब है कि **एक लीटर साधारण पानी** से कहीं अधिक ऊर्जा प्राप्त की जा सकती है, बनिस्बत कि **सौ किलोग्राम कोयले** से । और पानी का भंडार पृथ्वी पर अक्षय है ।

पानी से ऊर्जा प्राप्त करने में बाधा क्या है? इस तरह की संभावना अभी कोरी कल्पना सी लगती है, पर यह पूरी तरह यथार्थ है। इसके कार्यान्वयन में विज्ञान बहुत सारी बाधाएं पार कर चुका है। यह जटिल-तम समस्या, कि प्रकृति से भारी पानी कैसे प्राप्त किया जा सकता है, हल हो चुकी है। हल्के परमाणुओं के बीच जिन परिस्थितियों में नाभिकीय प्रतिक्रिया हो सकती है, उनका सैद्धांतिक अध्ययन और कलन हो चुका है।

इसमें अध्ययनकर्ताओं को बड़ी-बड़ी कठिनाइयों का सामना करना पड़ा। उनकी गंभीरता का अंदाजा आप एक साधारण कलन से लगा सकते हैं: दो परमाणु आपस में नाभिकीय प्रतिक्रिया शुरू करें, इसके लिए जरूरी है कि उनके नाभिक आपस में टकरा जायें, अर्थात् करीब 10^{-14} m की पारस्परिक दूरी पर पहुंच जायें। इसी दूरी से अन्तरा-नाभिकीय बल वैद्युत-स्थैतिक-विकर्षण पर विजय प्राप्त करने लगते हैं।

पर परमाणुओं के नाभिक अपने एलेक्ट्रोनी अभ्र (आवरण) के अभेद्य कवच में छिपे रहते हैं। इस आवरण को दसियों हजार गुना दूरी से अनुभव किया जा सकता है। लेकिन प्रमुख बात यह है कि समान विद्युत से आविष्ट होने के कारण, नाभिक स्वयं एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। इस पारस्परिक विकर्षण पर विजय प्राप्त करने के लिए आवश्यक ऊर्जा का कलन कठिन नहीं है। कूलंब के नियम से ज्ञात होता है कि 10^{-14} m दूरी तक निकट आये दो नाभिकों की स्थितिज ऊर्जा होगी :

$$\frac{Z_1 \cdot Z_2 \, (1.6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 9 \cdot 10^9}{10^{-14}} \text{J} = 2.3 \cdot 10^{-14} \cdot Z_1 \cdot Z_2 \text{ J},$$

यदि टक्कर परमाणु-संख्या Z_1 व Z_2 वाले तत्त्वों के बीच हो रही है।

निस्संदेह, परमाणुक राशियों की दुनिया न तो दिखायी दे सकने वाली है, न ही हम इसके आदी हैं, इसलिए यह कल्पना करना कठिन

है कि यह ऊर्जा कितनी हुई—कम, या अत्यधिक कम नहीं। पर विद्युत्स्थैतिक विकर्षण की स्थितिज ऊर्जा पर विजय पाने के लिए परमाणुओं को किस वेग से टकराना चाहिए, इसका हिसाब आसानी से लगाया जा सकता है। उनमें उससे कम गतिज ऊर्जा नहीं होनी चाहिए, कम से कम इसके बराबर होनी चाहिए। इसलिए

$$\frac{1}{2} mv^2 = 2.3 \cdot 10^{-14} \cdot Z_1 \cdot Z_2$$

एक परमाणु का द्रव्यमान उसके परमाणुक द्रव्यमान A से ज्ञात किया जा सकता है, यदि पता हो कि एक मोल में कितने परमाणु होते हैं :

$$m = \frac{A}{6.02 \cdot 10^{23}}$$

हम वह वेग भी निर्धारित कर सकते हैं जिससे परमाणुओं को नाभिकीय प्रतिक्रिया शुरू करने के लिए टकराना चाहिए :

$$v = 5.3 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{Z_1 \cdot Z_2}{A}}$$

ड्युटेरियम की परमाणुक संख्या $Z=1$ है। समस्थ का द्रव्यमान $A=2$ है, अतः परमाणुओं का वेग $v=3.8 \cdot 10^6$ m/s यानी 3800 km/s होना चाहिए। भौतिकविद जानते हैं कि साधारण तापक्रम पर ड्युटेरियम के परमाणुओं की तापीय गति का औसत वेग कितना होता है; यह 1.9 km/s के बराबर होता है। कमरे के तापक्रम पर, जो करीब 293 K के बराबर होता है, अणुओं की गतिज ऊर्जा परम तापक्रम के अनुपात में या वेग के वर्ग के अनुपात में बढ़ती है।

इसलिए, नाभिकों के बीच प्रतिक्रिया शुरू होने के लिए ड्युटेरियम के अणुओं का वेग पर्याप्त हो, इसके लिए भारी हाइड्रोजन को निम्न तापक्रम तक गर्म करना पड़ेगा :

$$T = 293 \cdot \frac{3800^2}{1.9^2} \text{K} = 1.1 \cdot 10^9 \text{ K}$$

निष्कर्ष : ड्युटेरियम के सिर्फ वे नाभिक एक-दूसरे के साथ टकरा सकते हैं और प्रतिक्रिया शुरू कर सकते हैं जो **मिलियार्ड केल्विन से अधिक तापक्रम तक "गर्म" किये गये हों।** यही वह गंभीर बाधा है जिसका सामना करना पड़ता है भावी संततियों को ऊर्जा सुलभ बनाने की कठिनतम व महानतम समस्या को हल करने में लगे भौतिकविदों को— इन ज्ञानवीरों को।

भारी पानी की जगह कोई दूसरा द्रव्य नहीं प्रयुक्त हो सकता ? नहीं। ऊर्जा-प्राप्ति के उद्देश्य से तापनाभिकीय प्रतिक्रिया के लिए हाइड्रोजन के स्रोत के रूप में भारी पानी के सिवाय और किसी द्रव्य का उपयोग शायद ही संभव है। इसका कारण यह है कि प्रतिक्रिया शुरू करने के लिए आवश्यक तापक्रम, तत्त्व की परमाणु संख्या के साथ-साथ तेजी से बढ़ता है। आप खुद ही हिसाब लगाने की कोशिश कीजिए कि बेरीलियम या सिलिकन के परमाणुओं के नाभिकों की पारस्परिक विद्युत्स्थैतिक विकर्षण-शक्ति पर विजय प्राप्त करने के लिए कणों की गतिज ऊर्जा किस तापक्रम के अनुरूप होगी। ड्युटेरियम को अंशतः ट्रीटियम से विस्थापित किया जा सकता है, पर यह समस्थ प्रकृति में नहीं के बराबर है।

पर क्या यह सचमुच में सम्भव है ? बहुत कठिन है, पर संभव है। प्रथमतः, अध्ययनकर्ताओं को प्रकृति और भौतिकी दोनों ही से सहायता मिल रही है : प्रतिक्रिया शुरू करने के लिए कोई जरूरी नहीं कि **पूरी की पूरी गैस** एक साथ ही इस भयंकर तापक्रम तक गर्म की जाये। यदि **अलग-थलग परमाणुओं** में ही इतनी उच्च ऊर्जा हो, तो यह पर्याप्त रहेगा।

गैस किसी भी तापक्रम पर क्यों न हो, उसमें छोटे से छोटे और बड़े से बड़े भिन्न वेग वाले कण मिल सकते हैं। इसीलिए यदि तापक्रम

10^9 K से कुछेक गुना कम भी हो, तो ड्युटेरियम-परमाणुओं के बीच प्रतिक्रिया पर्याप्त क्षिप्रता से चल सकती है। इससे समस्या कुछ सरल हो जाती है।

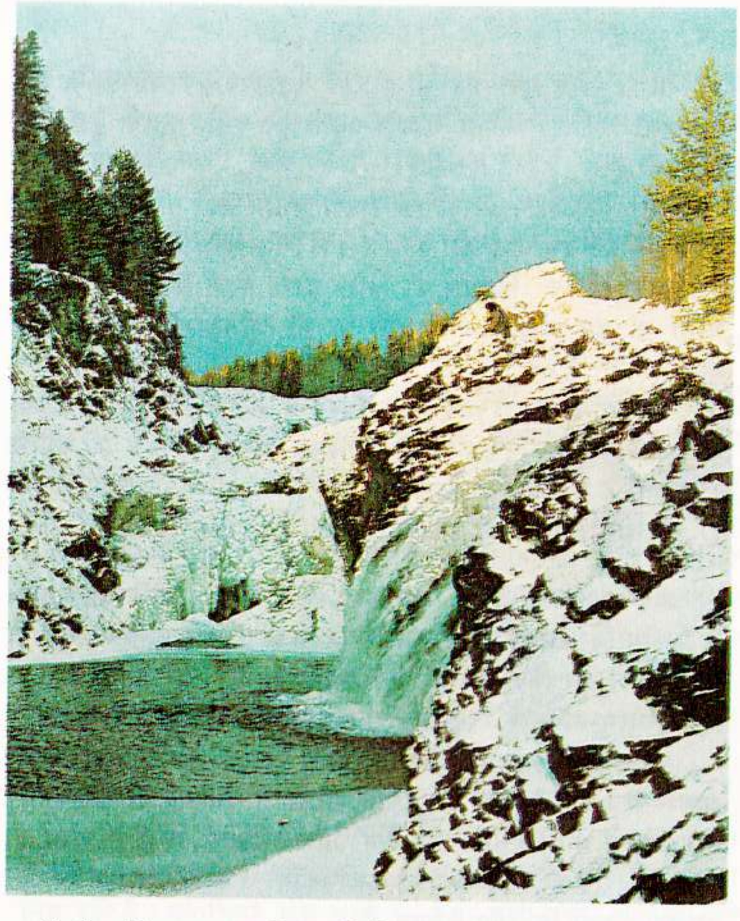
इसके अतिरिक्त, तथाकथित सुरंगी प्रभाव जैसी परिघटना भी है जिसके कारण इस बात की कोई न कोई संभाव्यता हमेशा बनी रहती है कि विद्युत्स्थैतिक विकर्षण पर विजय प्राप्त करने के लिए आवश्यक मात्रा से कम गतिज ऊर्जा होने पर भी नाभिकों के बीच प्रतिक्रिया हो जाये।

इसलिए भारी हाइड्रोजन के नाभिकों के बीच तापनाभिकीय प्रक्रिया शुरू करने के लिए सिर्फ **तीन सौ मिलियन केल्विन** तापक्रम भी पर्याप्त हो सकता है! यदि ड्युटेरियम और ट्रीटियम के बीच प्रतिक्रिया करानी हो, तो **चालीस मिलियन केल्विन** तापक्रम ही काफी रहेगा।

कैसे यह किया जाये ? यह किया जा चुका है। भौतिकविद ताप-नाभिकीय विस्फोट की प्रतिक्रिया करा चुके हैं जिसमें हल्के नाभिकों से अधिक भारी तत्त्वों के संश्लेषण की प्रतिक्रिया के लिए आवश्यक ताप-क्रम परमाणु-आवेश के विस्फोट—प्रज्वलन—से उपलब्ध होता है।

पर अभी भी बहुत कुछ करना बाकी है। आदमी को विस्फोट की आवश्यकता नहीं है; उसे नियंत्रणीय प्रतिक्रिया चाहिए, जो उद्योग और यातायात व भावी समाज की अन्य आवश्यकताओं के लिए ऊर्जा का स्रोत बन सके। इसके लिए तापनाभिकीय "भट्ठी" चाहिए जिसका तापक्रम सैकड़ों मिलियन केल्विन हो।

आप विश्वास रख सकते हैं कि यह समस्या हल हो जायेगी। हमारे देशवासी भौतिकविदों ने तापनाभिकीय रिऐक्टर बनाने का सच-मुच ही एक आश्चर्यजनक रास्ता ढूंढ़ लिया है। उन्होंने सिद्ध कर दिया है कि इतना ऊंचा तापक्रम सहन करने वाला द्रव्य प्रकृति में उपलब्ध नहीं होने पर भी ऐसी "भट्ठी" सम्भव है। उन्होंने सिद्ध किया है कि



इसकी दीवारों का काम शक्तिशाली विद्युचुम्बकीय क्षेत्र कर सकते हैं। ये अस्पृश्य, अदृश्य और पारदर्शक होकर भी तत्त्व के नाभिकों के लिए लाखों-करोड़ों केल्विन तापक्रम तक पर अभेद्य बने रह सकते हैं।

पानी में छिपी ऊर्जा से आदमी कितने दिनों तक काम चला सकता है? एक अरब वर्ष से कम नहीं।

ब्रह्मांड में जल

क्या अंतरिक्ष में जल है? हां, पानी अंतरिक्ष में भी है। दस साल पहले खगोल-भौतिकीविदों ने रेडियो-दूरबीन द्वारा अंतरिक्ष से हमारी ओर आने वाली विचित्र लघु रेडियो-तरंगों की खोज की जिनकी लंबाई 1.35 cm थी। पता चला कि यह विकिरण हमारी आकाशगंगा के ओरियन (मृग), कैसियोपिया (उत्तरी तारामंडल) तथा कुछ अन्य राशियों (नक्षत्र-पुंजों) में स्थित विराट रहस्यमय बादलों से उत्सर्जित होता है।

सैद्धांतिक कलनों ने दिखाया कि यह विकिरण निकलता है—पानी से। जलवाष्प के अणु तारों के प्रकाशीय स्पेक्ट्रम के अवरक्त भाग को अवशोषित कर लेते हैं और उद्दीप्त अवस्था में आ जाते हैं। इससे उनकी घूर्णन-गति का ऊर्जा-स्तर बढ़ जाता है। अणु जब पुनः अपनी मूल अवस्था में लौटते हैं, तो अपनी ऊर्जा को 1.35 cm लंबी तरंगों के रूप में विकिरणित कर देते हैं। पानी के बादल अंतरिक्ष के बहुत बड़े-बड़े क्षेत्रों में उपस्थित हैं: उनका आकार विभिन्न नक्षत्र-राशियों में एक से चालीस ज्योतिष-इकाई तक है और एक ज्योतिष-इकाई पृथ्वी से सूर्य की दूरी को कहते हैं।

अंतरिक्ष के क्षेत्रों में सिर्फ पानी ही नहीं है। रश्मिज्योतिर्विद ताक में लगे हैं और उन्हें एक से एक जटिल अणु मिल रहे हैं। आप आश्चर्य करें या न करें, अब तक हाइड्रोक्सील, अमोनिया, फोर्मालडिहाइड, कार्बन डायक्साइड, सायनोजन, हाइड्रोजन सायनाइड और यहां तक कि

रैखिक क्रम में स्थित कार्बन की कड़ियों वाले जटिल अणु—एसेटिलेनिल सायनाइड—भी मिल चुके हैं।

इस खोज ने वैज्ञानिकों को हतप्रभ कर दिया : ऐसी कार्बन-कड़ियां जैव अणुओं के लिए लाक्षणिक हैं और अंतरिक्ष में ये पहली बार मिली हैं। धनु नामक तारकपुंज में अंतरातारक गैस का एक गुबार है जो एसेटिलेनिल सायनाइड के जमा होने से बना है।

पानी की विद्यमानता के कारण अंतरिक्ष की गहराइयों में कहीं रासायनिक प्रक्रियाएं भी जरूर चलती होंगी। यदि अब तक ज्ञात रासायनिक यौगिकों को ही लें, तो वे भी अनेकानेक रासायनिक प्रतिक्रियाओं का आधार बन सकते हैं तथा उनसे और भी बड़ी संख्या में यौगिक प्राप्त हो सकते हैं।

इस प्रकार, वर्तमान समय में वैज्ञानिकगण एक नये आश्चर्यजनक विज्ञान—अंतरिक्ष के रसायन—की नींव डाल रहे हैं जिसकी भावी उपलब्धियों से परिचय कम रोचक नहीं होगा...

और क्या दूसरे ग्रहों पर पानी है ? इस प्रश्न का उत्तर बिल्कुल निश्चित और सही रूप से दिया जा सकता है : हां, दूसरे ग्रहों पर भी पानी है।

सोवियत वैज्ञानिकों ने शुक्र ग्रह पर स्वचालित रासायनिक प्रयोगशालाओं को भेजा, जिन्होंने सीधे ग्रह के वातावरण में ही उसकी गठन का विश्लेषण करके परिणामों को पृथ्वी पर रेडियो संकेतों से भेजा।

इनमें से पहली प्रयोगशाला—"वेनेरा-4"—50 करोड़ किलोमीटर तय करके पैराशूट के सहारे इस "रहस्यमय ग्रह" के वातावरण में उतरी। वहां उसने वातावरण की भौतिक व रासायनिक अवस्थाओं की परीक्षा की—तापक्रम, दाब, घनत्व, आदि, की अनुपम मापें लीं, वहीं पर उसकी रासायनिक गठन (अवयवानुपात) का विश्लेषण किया। विज्ञान के इतिहास में यह घटना पहली बार घटी थी—18 अक्तूबर

1967 को। इसके बाद, मई 1969 में दो और स्वचालित केंद्र शुक्र ग्रह तक पहुंचे। उन्होंने पहले से प्राप्त परिणामों की पुष्टि की।

नये संशोधित आंकड़ों के अनुसार शुक्र (वेनेरा) की हवा की गठन निम्नांकित है :

कार्बन डायक्साइड — करीब 97%,
आक्सीजन — 0.1% से अधिक नहीं,
नाइट्रोजन — 2% से अधिक नहीं,
जल-वाष्प — करीब 1%

15 दिसंबर 1970 को अंतराग्रही स्वचालित केन्द्र "वेनेरा-7" इस ग्रह की सतह पर उतरा और उसने वहीं से पृथ्वी पर शुक्रतल के बारे में सूचनाएं भेजीं। पता चला कि ग्रह पर तापक्रम 470° C से अधिक है और दाब धरातल की तुलना में 90 गुना ज्यादा है।

पर पानी शुक्र ग्रह पर द्रव-रूप में नहीं हो सकता। तापक्रम बहुत ऊंचा है। इसीलिए जीवन के ज्ञात रूप भी वहां संभव नहीं हैं। पर पानी वहां है, इसमें कोई शक नहीं है।

अनुमान किया जाता है कि पानी मंगल ग्रह पर भी है। वहां ज्योतिर्विद अनेक वर्षों के दौरान कई बार एक चमकदार कौंध देख चुके हैं जो आज कई विज्ञान-गल्पों में कथानक का आधार बन चुकी है। सोवियत वैज्ञानिक इन कौंधों से निकली किरणों और सूर्य की दिशा के बीच का कोण शुद्ध रूप से नाप कर इस निष्कर्ष पर पहुंचे हैं कि कौंधें मंगल के वातावरण में मंडराते नन्हे हिमक्रिस्टलों द्वारा सौर किरणों के परावर्तन से उत्पन्न होती हैं। इस तरह की संवृत्तियां पृथ्वी पर अक्सर देखी जाती हैं जब कड़ाके की बर्फीली ठंड पड़ती है और आकाश में मिथ्या सूर्यों के बिंब प्रकट होते हैं। अतः बिल्कुल संभव है कि मंगल पर पानी हो। हाल ही में इस अनुमान को प्रमाणित करने वाला एक ठोस आधार मिला है—मंगल के वातावरण में स्पेक्ट्रोस्कोपी विधि से जल-वाष्प के चिह्न देखे गये हैं।

खगोल-भौतिकीविद वृहस्पति पर पानी ढूंढ़ चुके हैं। इस भीमकाय ग्रह को रहस्यमय ग्रह कहलाने का और भी अधिक अधिकार है। वृहस्पति के वातावरण में पानी की भूमिका के बारे में कुछ विस्तार से कहना होगा। इसमें बहुत कुछ अभी रहस्य बना हुआ है और उद्घाटित नहीं हो पाया है। पर, लगता है, यहां विज्ञान एक महानतम रहस्य—ब्रह्मांड में जीवन की उत्पत्ति के रहस्य—के ज्ञान के निकट पहुंचने वाला है।

वृहस्पति का नाभिक तप्त है, पर इतना नहीं कि तापनाभिकीय प्रक्रिया शुरू हो सके। और, वह धातुई हाइड्रोजन के आवरण से घिरा हुआ है। बाहर से ग्रह वातावरण की घनी परत से आवृत है जिसकी मुटाई दसियों हजार किलोमीटर है। वृहस्पति का वाह्य तापक्रम बहुत कम है—लगभग $-100°C$। उसके वातावरण में मुख्यतः हाइड्रोजन और हीलियम हैं। पर उसमें मिथेन, अमोनिया, हाइड्रोजन सल्फाइड और...पानी भी मिल चुके हैं।

सबसे आश्चर्यजनक और रहस्यमय रूपांतरण-प्रक्रियाएं वृहस्पति के वातावरण के उस क्षेत्र में चलती हैं, जहां परिस्थितियां पृथ्वी की परिस्थितियों से मिलती-जुलती हैं, अर्थात् जहां तापक्रम $0°C$ से $100°C$ के परास में होता है और दाब दो-तीन वातावरण से अधिक नहीं होता।

ज्योतिर्विदों ने पता लगाया है कि वृहस्पति पर विराट झंझा और तड़ित उत्पन्न होती रहती हैं। पृथ्वी की तरह वहां भी पानी की वर्षा होनी चाहिए और बर्फ गिरनी चाहिए। पर वहां द्रव अमोनिया तथा हाइड्रोजन सल्फाइड की भी वर्षा होती है और अमोनिया की बर्फ भी गिरती है। वर्षा की बूंदें और बर्फ वृहस्पति की सतह तक कभी नहीं पहुंचतीं (हो सकता है कि सतह हो ही नहीं); वे पुनः ऊपर उठती हैं और फिर से वापस आ जाती हैं। इस भीमकाय ग्रह की भयंकर दुनिया की असामान्य परिस्थितियों को अनुसंधानकर्ता अपनी प्रयोगशालाओं में

रचने की कई बार कोशिश कर चुके हैं। जल-वाष्प, अमोनिया और मिथेन से बनी वृहस्पति की "हवा" के प्रतिरूप पर विद्युत-स्फुलिंगों और आयनक विकिरणों की अभिक्रिया से अनेकानेक जैव यौगिक बनते रहते हैं जिनमें अमीनो अम्ल और कार्बोहाइड्रेट भी होते हैं।

इस तरह से बने अनेक रासायनिक यौगिक चटकीले रंग के होते हैं जो स्पेक्ट्रमी संरचना के अनुसार वृहस्पति के बादलों के रंग से मिलते-जुलते हैं। बहुत से वैज्ञानिक मानते हैं कि वृहस्पति के वातावरण में जीवनोत्पत्ति को आसान बनाने वाली परिस्थितियां मौजूद हैं।

और चांद पर पानी है? नहीं। चांद की सैर कर आने वाले लोगों में से अब तक किसी को वहां पानी नहीं मिला है। हां, एक बार अमरीकी अंतरिक्ष-यान को चांद पर एक "गीजर" (उष्णोत्स) सा कुछ दिखायी पड़ा था, पर वह क्या था, अभी तक निर्धारित नहीं हो पाया है।

और पुच्छल तारों पर पानी है? है। बहुत से वैज्ञानिक मानते हैं कि पुच्छल तारे (धूमकेतु) का सर एक ठोस पिंड—"गंदी बर्फ"—है, जो साधारण जलीय हिम और अंतरिक्षी ठंड में जमी अमोनिया और मिथेन गैसों की बर्फ का मिश्रण है। इसमें विभिन्न प्रकार के ठोस उल्का-द्रव्य भी रास्ते में चिपकते जाते हैं जिनमें लोहा, कैल्सियम, सिलिकेन प्रमुख हैं; अन्य रासायनिक तत्त्व भी हैं।

पुच्छल तारा जब सूर्य के निकट पहुंचता है, तो अपेक्षाकृत हल्के अणु वाष्पित हो जाते हैं और इसी से "तारे" की शानदार पूंछ बनती है। धूमकेतु की चमकती पूंछ के स्पेक्ट्रम में हाइड्रोक्सील—जो कि पानी के अणुओं के विघटन से बनता है—की रेखाएं पायी गयी हैं।

ब्रह्मांड में और कहां पानी हो सकता है? तारों और हमारे सूर्य पर तो वह शायद ही हो। वहां यद्यपि हाइड्रोजन भी है और ऑक्सीजन

3-1148

भी, तथापि तारों के भयंकर तापक्रम पर इनसे पानी नहीं बन सकता। पर ज्योतिर्विदों ने निर्धारित किया है कि ब्रह्मांड में हमारे सूर्य की तरह अन्य अनेक तारों के पास भी ग्रहों के व्यूह हैं।

इन ग्रहों के प्राथमिक वातावरण की गठन में अंतरिक्ष के सबसे प्रचुर तत्त्व—हाइड्रोजन—के यौगिक होने चाहिए और इनमें भी हाइड्रोजन (H_2), पानी (H_2O), अमोनिया (NH_3) और मिथेन (CH_4) के अणु सबसे अधिक होने चाहिए।

पानी ब्रह्मांड के कोने-कोने में है, इसमें कोई सन्देह नहीं।

क्या पानी को मालूम है कि अन्तरिक्ष में क्या हो रहा है? प्रश्न में पानी को व्यक्ति का रूप दिया गया है, जैसे यह पुस्तक विज्ञान की नहीं, कविता की हो! पर पानी के बारे में कुछ अवलोकन इतने असाधारण हैं, इतने रहस्यमय हैं और अब तक इतने दुर्बोध बने हुए हैं कि इस तरह का प्रश्न करना असंगत नहीं है। कुछ प्रायोगिक तथ्य हैं जो भली-भांति स्थापित किये जा चुके हैं, पर उनकी कोई व्याख्या अभी तक नहीं मिली है।

इस आश्चर्यजनक रहस्य का, जिससे हमारा प्रश्न सम्बंधित है, एक बार में ही पता नहीं चल गया था। इसका सम्बंध एक ऐसी संवृत्ति से है, जो मुश्किल से देखने में आती है, मानो वह बहुत साधारण-सी हो और उसका कोई गम्भीर महत्त्व न हो। संवृत्ति पानी के अब तक समझ में न आने वाले एक सबसे सूक्ष्म गुण से जुड़ी है। यह गुण है—जलीय घोलों में रासायनिक प्रतिक्रियाओं का वेग, और विशेषकर, प्रतिक्रियाओं के अघुलनशील उत्पादों के बनने व उनके अवसादित होने का वेग। इसका अभी तक मात्रात्मक निर्धारण नहीं हो पाया है, पर यह पानी के असंख्य गुणों में से एक है।

देखा गया है कि एक ही प्रकार की परिस्थितियों में एक ही प्रकार की प्रतिक्रिया होने पर भी अवसादन के प्रथम चिह्न प्रकट होने का समय

असमान रहता है। यह तथ्य बहुत समय से ज्ञात रहा है, फिर भी रसायनज्ञ इस पर ध्यान नहीं देते थे; वे "आकस्मिक कारणों" का हवाला देकर संतोष कर लेते थे। पर धीरे-धीरे, प्रतिक्रिया-वेग के सिद्धांत और गवेषणा की विधियों के विकास के साथ-साथ, यह विचित्र तथ्य उलझन पैदा करने लगा।

प्रयोगों के दौरान बारीक से बारीक सावधानी बरतने पर भी, बिल्कुल समान परिस्थितियों में भी, एक ही परिणाम दुबारा नहीं मिलता है: अवसादन कभी तो बहुत जल्दी हो जाता है और कभी उसके प्रकट होने तक बहुत लंबी प्रतीक्षा करनी पड़ती है।

पर इससे क्या फर्क पड़ता है, यदि परख-नली में अवसादन एक सेकेंड बाद मिलता है, या दो, चार, बीस सेकेंड बाद? इसका क्या महत्व है? प्रकृति के समान विज्ञान में भी कोई घटना महत्वहीन नहीं होती।

एक ही परिणाम को पुनः प्राप्त कर पाने की विचित्र असमर्थता के कारणों का अध्ययन होने लगा। अन्त में एक अनोखा प्रयोग आयोजित करके उसे सम्पन्न किया गया। इसमें सारी पृथ्वी के विभिन्न भागों के रसायनविदों ने स्वेच्छापूर्वक भाग लिया। उन्होंने पूर्वनिश्चित योजना के अनुसार विश्व समय (देशनिरपेक्ष-समय) पर एक ही साथ एक ही क्षण एक सरल प्रयोग को बारम्बार दुहराया। प्रयोग था—जलीय घोलों में प्रतिक्रिया के फलस्वरूप बनी ठोस प्रावस्था के अवसादन के प्रथम चिह्नों के प्रकट होने का समय निर्धारित करना। प्रयोग करीब पंद्रह साल चला, उसे तीन लाख से अधिक बार दुहराया गया।

अब धीरे-धीरे एक चित्र उभरने लगा जो आश्चर्यजनक था रहस्यमय था और अबोधगम्य था। पता चला कि जलीय परिवेश में रासायनिक प्रतिक्रिया के प्रवाह को निर्धारित करने वाले जल के गुण काल पर निर्भर करते हैं।

आज प्रतिक्रिया कुछ और ढंग से चल रही है, बीते क ा इसी क्षण

वह कुछ और ढंग से चल रही थी, आने वाले कल में कुछ और ढंग से चलेगी।

अन्तर बहुत ज्यादा नहीं है, पर अन्तर हैं। उसकी ओर हमें ध्यान देना है, उसका अध्ययन और वैज्ञानिक व्याख्या करनी है।

इन प्रेक्षणों के सांख्यिकीय विश्लेषण से वैज्ञानिकगण एक आश्चर्य-जनक निष्कर्ष पर पहुंचे : समय पर प्रतिक्रिया के वेग की निर्भरता पृथ्वी के सभी भागों पर बिलकुल एक सी है।

इसका मतलब है कि कुछ ऐसी गुप्त परिस्थितियां हैं जो हमारे पूरे ग्रह पर एक ही साथ परिवर्तित होती हैं और पानी के गुणों को प्रभावित करती हैं।

आगे के विश्लेषणों से वैज्ञानिकों ने एक और आशातीत निष्कर्ष निकाला। पता चला कि सूर्य पर होने वाली घटनाएं किसी प्रकार से पानी को भी प्रभावित करती हैं। पानी में प्रतिक्रिया सौर सक्रियता—सूर्य में उत्पन्न होने वाले ज्वाला-विस्फोटों और धब्बों—की लय का अनुसरण करती है।

पर बात इतनी ही नहीं है। एक इससे भी अधिक असंभाव्य संवृति का पता चला है।

पानी, किसी अव्याख्येय ढंग से, अंतरिक्ष में होने वाली घटनाओं पर अपनी प्रतिक्रिया व्यक्त करता रहता है। अंतरिक्षी व्योम में पृथ्वी की गति के सापेक्षिक वेग में परिवर्तन पर उसकी स्पष्ट निर्भरता निर्धा-रित की जा चुकी है।

ब्रह्मांड की घटनाओं के साथ पानी के रहस्यमय सम्बंध की अभी तक कोई व्याख्या नहीं हो पायी है।

पानी और अंतरिक्ष के सम्बंध का कितना महत्व हो सकता है?

अभी कोई भी नहीं जान सका कि कितना बड़ा महत्व है इस संबंध का। हमारे शरीर में करीब 75% पानी है। हमारे ग्रह पर पानी के

बिना जीवन संभव नहीं है; हर जीवधारी में, उसकी हर कोशिका में, असंख्य रासायनिक प्रतिक्रियाएं चलती रहती हैं। यदि एक सरल और स्थूल प्रतिक्रिया के उदाहरण में अंतरिक्ष की घटनाओं का प्रभाव प्रेक्षित हो सकता है, तो पृथ्वी पर जीवन-विकास की व्यापक प्रक्रियाओं पर इस प्रभाव का कितना महत्व हो सकता है, इसकी हम कल्पना भी नहीं कर सकते। शायद भावी विज्ञान—अंतरिक्षी जीवविज्ञान—बहुत ही रोचक होगा। इसका एक अनुच्छेद होगा—जीव में पानी के आचरण और इसके गुणों का अध्ययन।



पानी के गुण

पानी क्यों पानी है ? यह प्रश्न इतना बेवकूफी भरा नहीं है, जितना आपको लगता होगा। पानी क्या गिलास में ढला हुआ सिर्फ रंगहीन द्रव है ?

हमारी निराली धरती को लगभग पूरी तरह से आवृत रखने वाले सागर, जिनमें करोड़ों वर्ष पूर्व जीवन अंकुरित हुआ था, पानी ही हैं।

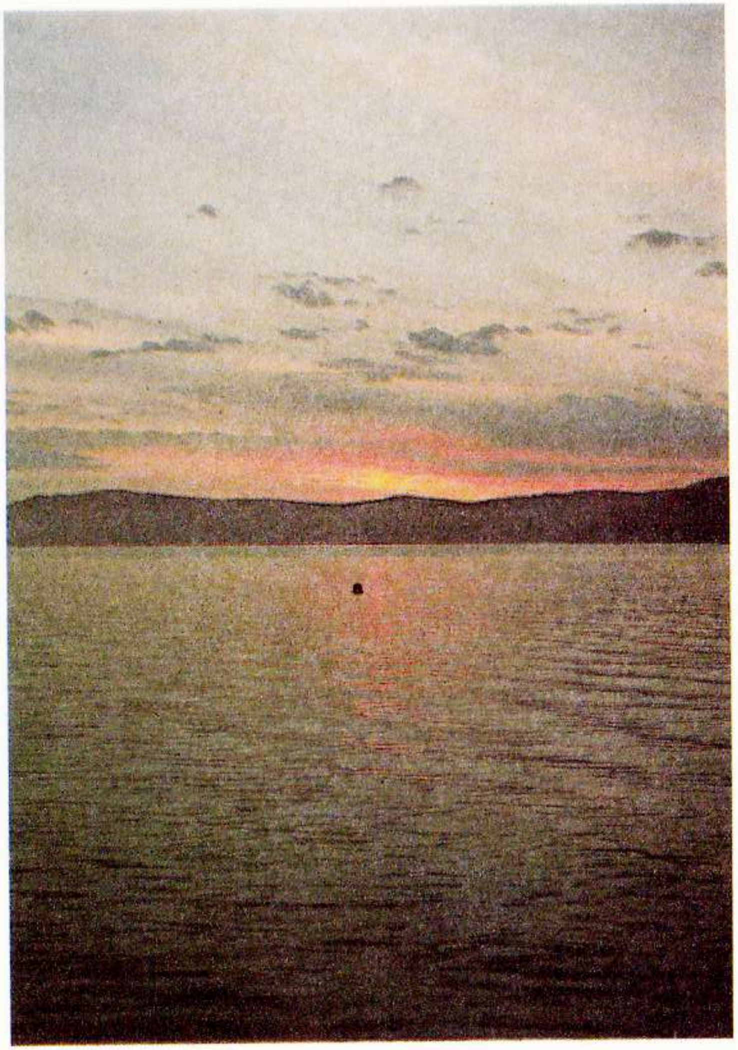
ध्रुववर्ती क्षेत्रों की अंतहीन बर्फीली मरुभूमि, लगभग आधी पृथ्वी को ढक कर रखने वाला हिम—यह सब पानी ही है।

सूर्यास्त के रंगों की अनंत बहुरूपता, उसकी लाल और सुनहरी आभाएं अद्‌भुत रूप से सुन्दर हैं, कोई भी कलाकार उन्हें कागज पर नहीं उतार सकता। सूर्योदय के समय आकाश की रंगीन छटा भव्य और मनोहर होती है। रंगों की इस साधारण—और साथ ही असाधारण—सिम्फनी (स्वरसंगति) का कारण वातावरण में उपस्थित जलवाष्प द्वारा सौर स्पेक्ट्रम का विकीर्णन और अवशोषण है।

प्रकृति का महान चित्रकार है—पानी !

पर्वत-श्रृंखलाएं सैकड़ों विभिन्न चट्टानों की विराट परतों से बनती हैं और भूविज्ञानविद जानते हैं कि इनमें से अधिकतर की सृष्टि प्रकृति के महानतम वास्तुकार—जल—ने की है। जहां उत्तुंग पर्वत-शिखर होते हैं, वहां कालांतर में विस्तृत मैदान बन जाते हैं। इनका रचयिता भी पानी ही है।

जीवन की बहुरूपता का अंत नहीं है। हमारे ग्रह पर वह सर्वत्र



है—पर सिर्फ वहीं, जहां पानी है। यदि पानी नहीं है, तो कोई जीवधारी भी नहीं है।

असंख्य रासायनिक यौगिकों में से सिर्फ एक को ही, जिसका सूत्र इतना सरल-सा है और जिसमें कोई खासियत नहीं है, जो सृष्टि के दो सामान्य साधारण रासायनिक तत्वों से बना है, जिसके अणु में सिर्फ तीन परमाणु होते हैं—इस साधारण हाइड्रोजन आक्साइड, इस साधारण सर्वज्ञात पानी, को ही प्रकृति के जीवन में इतना विशिष्ट स्थान क्यों प्राप्त है? पानी की इस विशेष भूमिका का कारण क्या है?

पानी को अपने भौतिक व रासायनिक गुणों के कारण द्रव्यों की अनंत संचिति में एक बिल्कुल विशिष्ट स्थान प्राप्त है।

पानी के लगभग सभी भौतिक व रासायनिक गुण प्रकृति में अपवाद हैं। यह सचमुच में विश्व का सबसे विलक्षण द्रव्य है।

पानी सिर्फ अणुओं की समस्थानिक बहुरूपता और उससे संबंधित भावी अक्षय ऊर्जा-स्रोत की आशा के कारण ही नहीं, बल्कि अपने सबसे साधारण गुणों के कारण भी एक अद्भुत द्रव्य है।

पानी के सगे-संबंधी भी हैं या नहीं? यदि पानी का संबंधी पानी की तरह ही हाइड्रोजन और आक्सीजन से बना यौगिक माना जाये—तो, पानी के संबंधी हैं।

सच कहें तो अधिक नहीं—सिर्फ दो हैं। इनमें से एक यौगिक को सभी जानते हैं। यह है साधारण हाइड्रोजन पैराक्साइड। एक दूसरा संबंधी हाल ही में मिला है।

अणुओं की संरचना का कलन करने वाले सिद्धांतकारों ने तापप्रवेगिक विधि से पता लगाया है कि पर्याप्त कम तापक्रम पर H–O–H और H–O–O–H अणुओं के अतिरिक्त H–O–O–O–H अणु भी स्थायी हो सकते हैं।

हाइड्रोजन और आक्सीजन अन्य दूसरे अणु नहीं बना सकते, क्योंकि और अधिक आक्सीजन वाले अणु, जैसे H—O—O—O—O—H, बहुत निम्न तापक्रम पर भी अस्थायी होंगे ।

वैज्ञानिकों के दूसरे समूह ने सिद्धांतकारों के निष्कर्ष पर ध्यान न देकर H_2O_3 अणु के होने की असंभाव्यता को प्रयोगों द्वारा सिद्ध करने पर ध्यान केन्द्रित किया । वे इस यौगिक को प्राप्त करने के लिए अब तक की सभी कोशिशों को बेकार करार देना चाहते थे । पर...? पर उन्होंने स्वयं हाइड्रोजन ट्राइआक्साइड (trioxide) का अविष्कार कर लिया । हाइड्रोजन और आक्सीजन के इस नये यौगिक का अणु टेढ़ी-मेढ़ी चेन के आकार का है :



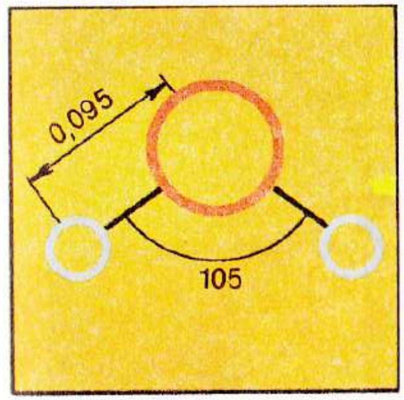
यह 0°C से भी बहुत कम तापक्रम पर ही टिकाऊ होता है। अधिक ऊंचे तापक्रम पर यह पानी और आक्सीजन में विघटित हो जाता है । इसकी उत्पत्ति अल्प तापक्रम पर चिट-चिट करते धीमे वैद्युत निरावेशन के प्रभाव में हाइड्रोजन और आक्सीजन की प्रतिक्रिया के फलस्वरूप होती है ।

इस प्रकार, हाइड्रोजन ट्राइआक्साइड के आविष्कार ने एक बार फिर से सिद्ध कर दिया कि सैद्धांतिक निष्कर्षों पर भी विश्वास करना चाहिए ।

लगता है कि पानी का अब और कोई रिश्तेदार नहीं है ।

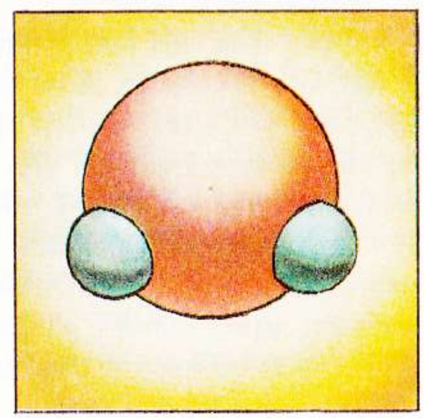
पानी के अणु किस तरह से गठित हैं ? पानी का अणु किस प्रकार

से गठित होता है, यह अब बहुत सही-सही ज्ञात हो चुका है । वह इस प्रकार से गठित होता है :

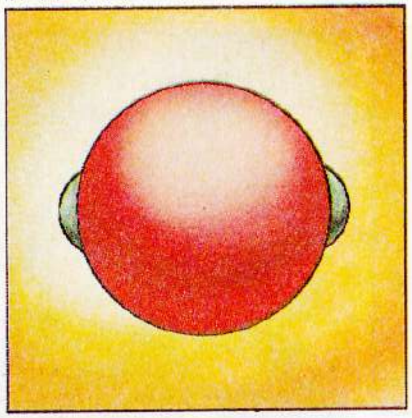




हाइड्रोजन और आक्सीजन के परमाणु-नाभिकों की पारस्परिक स्थिति और उनके बीच की दूरी का भली-भांति अध्ययन हो चुका है और नाप-जोख हो चुकी है । पता चला कि पानी के अणु की बनावट अरैखिक है । पानी के अणु को परमाणुओं के एलेक्ट्रोनी अभ्रों समेत यदि "पार्श्व" से देखा जाये, तो उसका रूप निम्न होगा :



और यदि "ऊपर" से—आक्सीजन-परमाणु की ओर से—देखा जाये, तो निम्न चित्र मिलेगा :



अर्थात् अणु में स्थित आवेशों की पारस्परिक ज्यामितिक स्थिति साधारण चतुष्फलक के रूप में दिखायी जा सकती है। पानी के सभी अणु, चाहे उनकी समस्थानिक गठन कुछ भी हो, बिल्कुल समान बनावट रखते हैं।

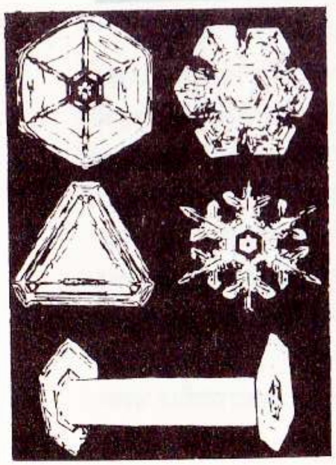
सागर में पानी के कितने अणु हैं? एक। इस जवाब को मजाक न समझिए। बेशक, आप किसी निर्दशिका के पन्ने पलटकर पता कर ले सकते हैं कि सागरों में कुल कितना पानी है, और इसके आधार पर हिसाब लगा सकते हैं कि उसमें कितने H_2O अणु होंगे। पर इस तरह का उत्तर पूरी तरह से सही नहीं होगा। पानी एक विशेष द्रव्य है। अपनी खास बनावट के कारण इसके अलग-अलग अणु आपस में व्यतिक्रिया करते रहते हैं। किसी भी अणु में उपस्थित हर हाइड्रोजन-परमाणु, पड़ोसी अणुओं के आक्सीजन-परमाणुओं के एलेक्ट्रोनों को अपनी ओर खींचता रहता है। और, इसके कारण अणुओं के बीच अपनी तरह का एक खास रासायनिक अनुबंध उत्पन्न हो जाता है। इस



तरह के **हाइड्रोजनी** अनुबंध के कारण पानी का हर अणु पड़ोस के चार अणुओं के साथ टिकाऊ-सा संबंध बना लेता है, जैसा कि आरेख में दिखाया गया है। सच पूछिए, तो यह आरेख कुछ ज्यादा ही सरलीकृत है—यह समतली आरेख है। चित्र में दूसरी तरह से दिखाया भी नहीं जा सकता। सही चित्र कल्पना में देख सकते हैं। इसके लिए यह ध्यान में रखें कि समतल, जिस पर हाइड्रोजनी अनुबंध (आरेख में डैश-रेखा से प्रदर्शित) स्थित हैं, उस समतल के अभिलंब है, जिस पर हाइड्रोजन के परमाणु स्थित हैं (देखिए : अगला चित्र)।

पानी में अलग-अलग H_2O-अणु मिलकर एक सतत व्यौम जाल





बना लेते हैं—जो अपने आप में एक विराट अणु है । इसीलिए उन वैज्ञानिकों



की बात बिल्कुल ठीक है जो कहते हैं कि सागर तो एक अणु है । पर इस कथन को बिल्कुल शाब्दिक अर्थ में नहीं ले लेना चाहिए । पानी के सभी अणु पानी में हाइड्रोजनी अनुबंधों से जुड़े तो हैं, पर साथ ही वे एक जटिल चंचल संतुलन में भी हैं जिसमें अलग-अलग अणुओं के गुण भी कायम रहते हैं और जटिल विराट अणु-संकुल भी बने रहते हैं । इस तरह के विचार सिर्फ पानी पर ही लागू नहीं होते । हीरे का टुकड़ा भी एक समूचा अणु है ।

बर्फ के अणु की संरचना कैसी है ? बर्फ का कोई विशेष अणु नहीं है । पानी के अणु अपने निराले गुणों के कारण बर्फ के टुकड़े में इस प्रकार से मिले होते हैं कि प्रत्येक अणु चार अन्य अणुओं से घिरा रहता है और उनके साथ जुड़ा रहता है । इससे बर्फ की काफी भुरभुरी संरचना मिलती है जिसमें ढेर सारा खाली स्थान बचा रहता है ।

जाड़ों में खिड़की के शीशे पर बाहर से बर्फ एक-एक कण करके जमती जाती है और अन्त में नक्काशियों, बेल-बूटों का रूप उभर आता है । इन हिमकुसुमों का सौंदर्य बर्फ की नियमित क्रिस्टलिक संरचना की अभिव्यक्ति है ।

हिमकुसुम क्या हैं ? ये नन्हे-नन्हे हिम-क्रिस्टलों के ताने-बाने हैं जो वातावरण की ऊपरी पर्तों में, जहां तापक्रम बहुत निम्न होता है, जलवाष्प के संघनन से बनते हैं ।

ये इतने खूबसूरत क्यों होते हैं ? बर्फ की क्रिस्टलिक जाली में ऐसे समतल होते हैं जिनमें आक्सीजन के परमाणु नियमित षट्कोणों के रूप में सजे होते हैं (देखिए चित्र) । शायद इसीलिए हिमकुसुम ज्यादातर नियमित षट्कोण के रूप में मिलते हैं ।

हिमकुसुमों की सुंदरता और उनकी अनंत बहुरूपता ने अनेक

वैज्ञानिकों को प्रकृति के इस आश्चर्यजनक रहस्य के दीर्घकालीन अध्ययन की प्रेरणा प्रदान की।

विभिन्न परिस्थितियों में हिमकुसुमों के करोड़ों फोटो खींचे गये : ऊंचाई पर बादलों के बीच, जमीन पर उत्तरांत क्षेत्रों में—और, हर उस जगह जहां बर्फ गिरती है।

षट्फलकों और षट्कोण सममिति के अनेक रूपों के अतिरिक्त चकती की तरह के, रेखाकार और कांटेदार आकृति के हिमकुसुम भी मिलते हैं। प्रकृति में वैज्ञानिकों ने हिमकुसुमों के अनेकानेक रूप प्राप्त किये। यदि बिल्कुल सही कहा जाये, तो यह मानना होगा कि बिल्कुल समान प्रकार के दो हिमकुसुम नहीं हो सकते। अनंत बहुरूपता में प्रत्येक की आकृति, संरचना और मापें दूसरे से भिन्न होती हैं।

इसमें संदेह नहीं कि यह विविधता हिमकुसुमों के बनने और विकसित होने की वातावरणीय परिस्थितियों की अनंत परिवर्तनशीलता पर निर्भर करती है। हिमकुसुमों की कोमल सुंदरता के साथ प्रकृति के अनेक अनुद्घाटित रहस्य जुड़े हैं।

पानी में आखिर पानी के अणुओं की संरचना कैसी है ? खेद है कि इतने महत्वपूर्ण प्रश्न का अब तक पर्याप्त अध्ययन नहीं हो पाया है। द्रव जल में अणुओं की गठन काफी जटिल है। जब बर्फ पिघलती है, तो उसकी जालीदार संरचना आंशिक रूप से नवनिर्मित पानी में भी सुरक्षित रहती है। बर्फ पिघलने से बने पानी में अणु कई सरल अणुओं —संकुलों—से बने होते हैं जिनमें बर्फ के गुण बाकी रहते हैं। तापक्रम बढ़ने पर वे टूटने लगते हैं और उनका आकार छोटा होने लगता है।

पारस्परिक आकर्षण के कारण द्रव पानी में, पानी के जटिल अणु का औसत आकार पानी के एक अणु के आकार से काफी बड़ा हो जाता है। पानी की ऐसी असामान्य आण्विक बनावट उसके असामान्य भौतिकीय व रासायनिक गुणों को जन्म देती है।

पानी का घनत्व कितना होना चाहिए ? सचमुच ही विचित्र प्रश्न है न? याद करें कि द्रव्यमान की इकाई—एक ग्राम—को किस प्रकार निर्धारित किया गया था। यह एक घन सेंटीमीटर पानी का द्रव्यमान है। अर्थात्, हमें संदेह नहीं करना चाहिए कि पानी का घनत्व जैसा है, वैसा ही होना चाहिए। क्या इसमें कोई शक है ? है। सिद्धांतकारों ने हिसाब लगाया है कि यदि पानी द्रवावस्था में बर्फ जैसी भुरभुरी संरचना सुरक्षित नहीं रखता और उसके अणुओं को अधिक घने रूप में जमा किया जाता, तो उसका घनत्व काफी ऊंचा होता। $25°C$ पर यह 1.0 नहीं, 1.8 g/cm^3 होता।

किस तापक्रम पर पानी को खौलना चाहिए ? निस्संदेह, यह प्रश्न भी विचित्र है। पानी **सौ डिग्री** पर खौलता है। यह सभी जानते है। यह भी सब जानते हैं कि पानी के उबलने के तापक्रम को ही (सामान्य वातदाब पर) तापक्रमी पैमाने का एक आधार-बिंदु माना गया है जिसे मान्यतानुसार $100°C$ से द्योतित करते हैं।

पर प्रश्न कुछ दूसरी तरह से रखा गया है : किस तापक्रम पर पानी को खौलना चाहिए ? द्रव्यों के क्वथनांक (उनके उबलने, खौलने का तापक्रम) कोई आकस्मिक मान नहीं ग्रहण करते। वे मेंदेल्येव की आवर्त-सारणी में द्रव्याणु के संगठक तत्त्वों की स्थिति पर निर्भर करते हैं।

यदि मेंदेल्येव की सारणी के एक ही ग्रुप के भिन्न तत्त्वों से बने समान अवयवानुपाती रासायनिक यौगिकों की तुलना करें, तो हम देखेंगे कि जितनीकम तत्त्व की परमाणु-संख्या है, जितना कम उसका परमाणु-भार है, उसके यौगिक का क्वथनांक भी उतना ही कम है। रासायनिक अवयवानुपात के अनुसार पानी को आक्सीजन हाइड्राइड कह सकते हैं। H_2Te, H_2Se और H_2S पानी के ही रासायनिक सदृशरूप हैं। यदि उनके क्वथनांक का अध्ययन किया जाये और तुलना की जाये कि



आवर्त-सारणी के अन्य ग्रुपों के हाइड्राइडों के क्वथनांक कैसे बदलते हैं, तो किसी भी हाइड्राइड का क्वथनांक पर्याप्त शुद्धता के साथ निर्धारित किया जा सकेगा। इस तरह के अध्ययन से किसी दूसरे यौगिक का भी क्वथनांक निर्धारित कर सकते हैं। स्वयं मेंदेल्येव ने इसी विधि से अज्ञात तत्त्वों के यौगिकों के गुणों को पहले से ही निर्धारित कर लिया था।

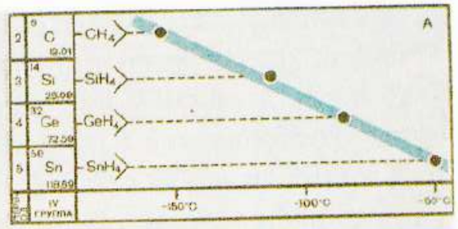
यदि आक्सीजन के हाइड्राइड का क्वथनांक आवर्त-सारणी में उसकी स्थिति के अनुसार निर्धारित किया जाये, तो पानी को $-80°C$ पर उबलना चाहिए। इसका मतलब है कि पानी को जिस तापक्रम पर उबलना चाहिए, वह उससे **एक सौ अस्सी डिग्री अधिक** तापक्रम पर उबलता है। पानी का सबसे साधारण गुण—उसका क्वथनांक—भी असाधारण ही है।

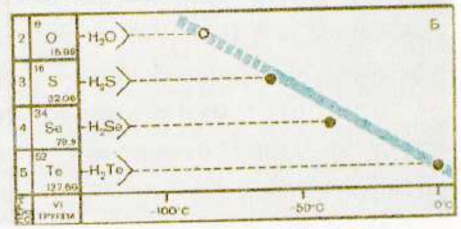
कल्पना कीजिए कि एकाएक पानी जटिल और परस्पर संबद्ध अणु बनाने की अपनी क्षमता खो बैठता है। तब शायद वह उसी तापक्रम पर खौलने लगेगा जो मेंदेल्येव के आवर्त नियम के अनुरूप है।

फिर हमारी पृथ्वी के साथ क्या होगा? सागर अचानक उबल पड़ेंगे। पृथ्वी पर एक भी बूंद नहीं बचेगी। आकाश में बादल का एक टुकड़ा भी नजर नहीं आयेगा ...। भूमण्डल के वातावरण में तापक्रम कहीं भी -80, $-90°C$ से नीचे नहीं होगा।

किस तापक्रम पर पानी जमता है? यह सवाल पिछले प्रश्न से कुछ कम विचित्र नहीं है। कौन नहीं जानता कि पानी शून्य डिग्री पर जमने लगता है? थर्मामीटर का यह दूसरा आधार-बिंदु है। यह पानी का सबसे साधारण गुण है। पर इस हालत में भी हम पूछ सकते हैं: अपनी रासायनिक प्रकृति के अनुसार पानी को किस तापक्रम पर जमना चाहिए? ज्ञात होता है कि मेंदेल्येव की सारणी में आक्सीजन की स्थिति के अनुसार उसके हाइड्राइड को **शून्य से सौ डिग्री नीचे** ही जमना चाहिए।





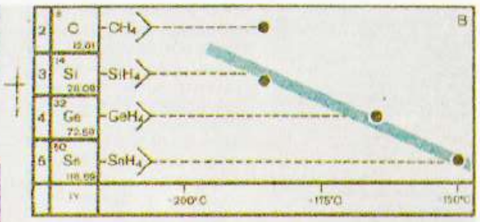


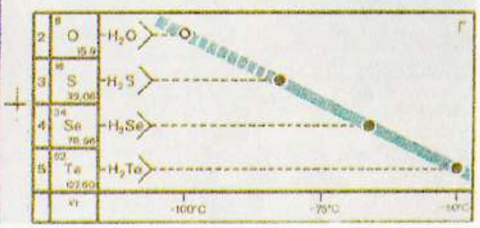
किसी भी रासायनिक यौगिक के गुण उसमें उपस्थित तत्त्वों की प्रकृति और इसीलिए मेंदेलयेव की सारणी में उनकी स्थिति पर निर्भर करते हैं। इन ग्राफों में आवर्त-प्रणाली के IV व VI ग्रुपों के हाइड्रोजनी यौगिकों के क्वथनांक तथा गलनांक की तापक्रम पर निर्भरता दिखायी गयी है। पानी बिल्कुल अपवाद है।

प्रोटोन की त्रिज्या बहुत छोटी होने के कारण उसके अणुओं के बीच का व्यतिक्रिया-बल इतना अधिक है कि वे मुश्किल से अलग होते हैं। इसीलिए पानी असाधारण रूप से ऊंचे तापक्रम पर खौलता तथा पिघलता है। अमोनिया और हाइड्रोजन फ्लोराइड में भी असामान्य गुण हैं, पर पानी से बहुत कम।

पानी को सबसे नटखट द्रव्य कह सकते हैं जो अनेक भौतिकीय व रासायनिक नियम-संगतियों की अवहेलना करता रहता है, जबकि अन्य द्रव्य उनका पूरी तरह पालन करते हैं। कारण यही है कि पानी के अणुओं के बीच आपसी क्रिया बहुत शक्तिशाली है और उनके बीच इस अतिरिक्त आकर्षण को दूर करने के लिए अणुओं को विशेष तीव्र तापीय



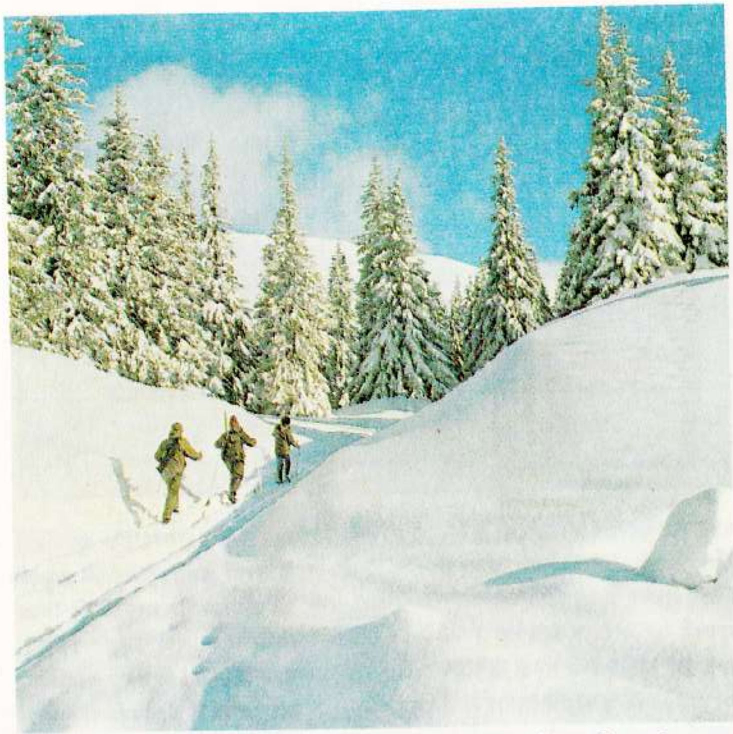




ग्राफ A. मेंदेलयेव की सारणी में स्थिति के अनुसार IV ग्रुप के तत्त्वों के हाइड्राइडों के क्वथनांक की तापक्रम पर सामान्य निर्भरता।
ग्राफ B. VI ग्रुप के तत्त्वों के हाइड्राइडों की तुलना में पानी असामान्य गुण रखता है: उसे ऋण 80 – 90°C पर खौलना चाहिए, पर वह + 100°C पर खौलता है।
ग्राफ C. मेंदेलयेव की सारणी में स्थिति के अनुसार IV ग्रुप के तत्त्वों के हाइड्रोजनों के गलनांक की तापक्रम पर सामान्य निर्भरता।
ग्राफ D. VI ग्रुप के तत्त्वों के हाइड्राइडों के बीच भी पानी सामान्य नियमों का उल्लंघन करता है; उसे तापक्रम 100°C पर गलना चाहिए, पर बर्फ के टुकड़े 0°C पर ही गलने लगते हैं।

गति की आवश्यकता पड़ती है। पानी के द्रवणांक और क्वथनांक इसीलिए इतने आशातीत रूप से ऊंचे होते हैं।

अब इस बार कल्पना करें: पानी के अणुओं के बीच का सम्बंध खत्म हो जाता है...। तब, हमारे ग्रह पर से बर्फ तुरंत गायब हो



जायेगी । स्की और स्केट करना बंद हो जायेगा; वैसे स्की करने वाला कोई होता भी नहीं ।

क्या पानी को पृथ्वी पर ठोस या द्रव रूप में होना चाहिए ? नहीं । आक्सीजन हाइड्राइड के द्रवणांक और क्वथनांक विसंगत गुण हैं; इससे निष्कर्ष निकलता है कि हमारी पृथ्वी की परिस्थितियों में इसके ठोस व द्रव गुण भी एक विसंगति ही हैं । पानी की सामान्य अवस्था गैसीय होनी चाहिए थी ।

ऐसी असंभव दुनिया में, जहां पानी के सभी गुण "सामान्य" होते, वहां के असंभव निवासियों को पानी का द्रव बनाने के लिए खास तरह

की मशीन का आविष्कार करना पड़ता, जैसा कि हम लोग द्रव आक्सीजन प्राप्त करने के लिए करते हैं ।

पानी के सबसे साधारण गुण भी असाधारण और आश्चर्यजनक सिद्ध होते हैं जब उनके साथ और निकट का परिचय होता है ।

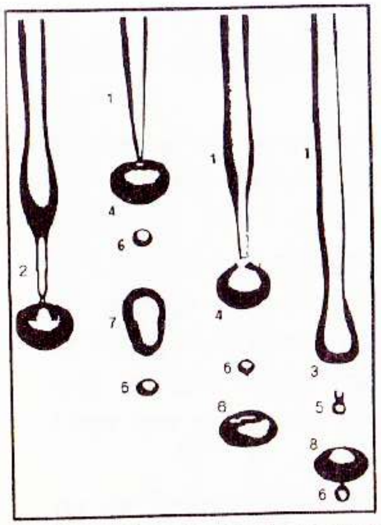
क्या द्रव पानी ठोस होता है ? यह कोई बेतुका प्रश्न नहीं है । खेद की बात है कि बहुत कम ही लोग जानते हैं कि इसका सही उत्तर क्या होगा । पहली दृष्टि में उत्तर कुछ अप्रत्याशित सा लगता है, पर इसे स्वीकार कर पाना अधिक आसान होगा यदि एक उल्टा प्रश्न किया जाये : ठोस पानी कब द्रव होता है ? यह समझ में आने वाला प्रश्न है और शायद सभी इसका जवाब दे सकते हैं ।

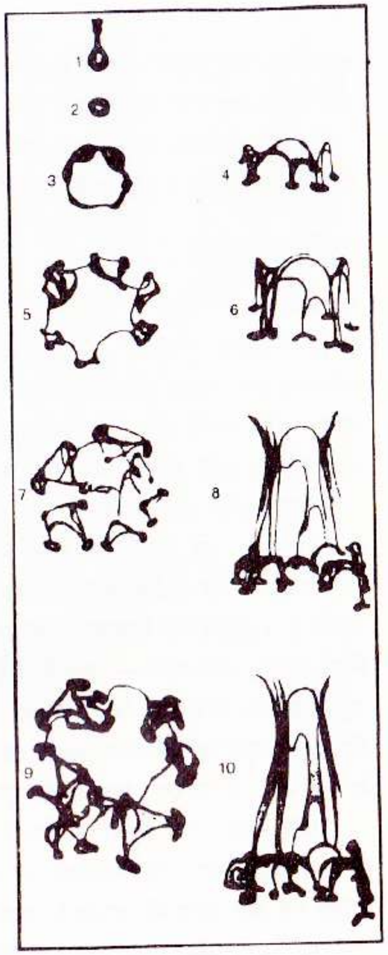
यहां पानी को जमाने या बर्फ को पिघलाने की बात नहीं चल रही है । यह प्रश्न **द्रव** पानी और **ठोस** बर्फ से सम्बन्धित है ।

सभी जानते हैं कि भार की धीमी अभिक्रिया से बर्फ प्रवहमान हो उठती है । पहाड़ों से हिमनद (ग्लेशियर) नदियों की भांति ही बहते हैं, सिर्फ बहुत धीरे-धीरे—साल में कुछेक मीटर के वेग से । इसका अर्थ यह हुआ कि यदि बर्फ किसी भी द्रव की भांति बहने का गुण रखती है, तो वह, बहुत छोटी सीमा में ही सही, द्रव पिंड भी होती है । नदियों से पड़े भार के कारण चट्टानें भी सुनम्य होकर बहने लगती हैं ।

यदि ठोस पिंड किसी न किसी हद तक द्रव होता है, तो इसके विलोम कथन को भी तर्कसंगत मानना होगा : प्रत्येक द्रव किसी न किसी हद तक ठोस भी होता है, ठोस पिंडों के गुण रखता है ।

यदि बर्फ धीमे बोझ (बोझ के धीमे प्रभाव) से बहने लगती है, तो पानी को उसके क्षिप्र प्रभाव से ठोस पिंड की तरह आचरण करना चाहिए और उसे भंगुर ठोस पिंडों की तरह चूर होना चाहिए । होता भी यही है । यह निष्कर्ष प्रयोग की कसौटी पर बिल्कुल सच सिद्ध होता है । यदि पानी की धार पर लोहे की लाठी से तेजी के साथ प्रहार





बायें : इन चित्रों में पानी की बहुत पतली धार का सिरा दिखाया गया है। धार की सतह पर तरंगदार प्रत्यास्थ दोलन उत्पन्न होते हैं (1)। दोलन तीव्र होते हैं और लमड़ी हुई एक ग्रीवा (2) बनती है; वह टूट कर अलग होती है। ग्रीवा के आरम्भ-बिंदु पर धार थोड़ी फूलती है (3) और बूंद में परिणत होती है (4)। ग्रीवा और भी लमड़ती है तथा छोटी-सी बूंद बनाती है। तलीय तनाव के कारण बूंद कंपन (दोलन) करती है। वह कभी लमड़ती है (7), तो कभी सिकुड़ कर फूल जाती है। दायें : ड्रापर से गिरी बूंद (1) घूर्णन करती हुई भंवरदार छल्ले का रूप (2) धारण कर लेती है। वह प्रसारित होती है, उसमें फूली हुई गुल्ठियां (3) बन जाती हैं। धीरे-धीरे वह द्वितीयक छल्लों (4, 5, 6) में परिणत होती जाती है। छल्लों की संख्या तेजी से बढ़ती है। भंवरी गति की ऐसी जटिल प्रणाली में बूंद कुछ मिनटों में ही परिणत हो जाती है। बायें—प्रक्रिया का ऊपर से चित्र; दायें—प्रक्रिया का बगल से चित्र।

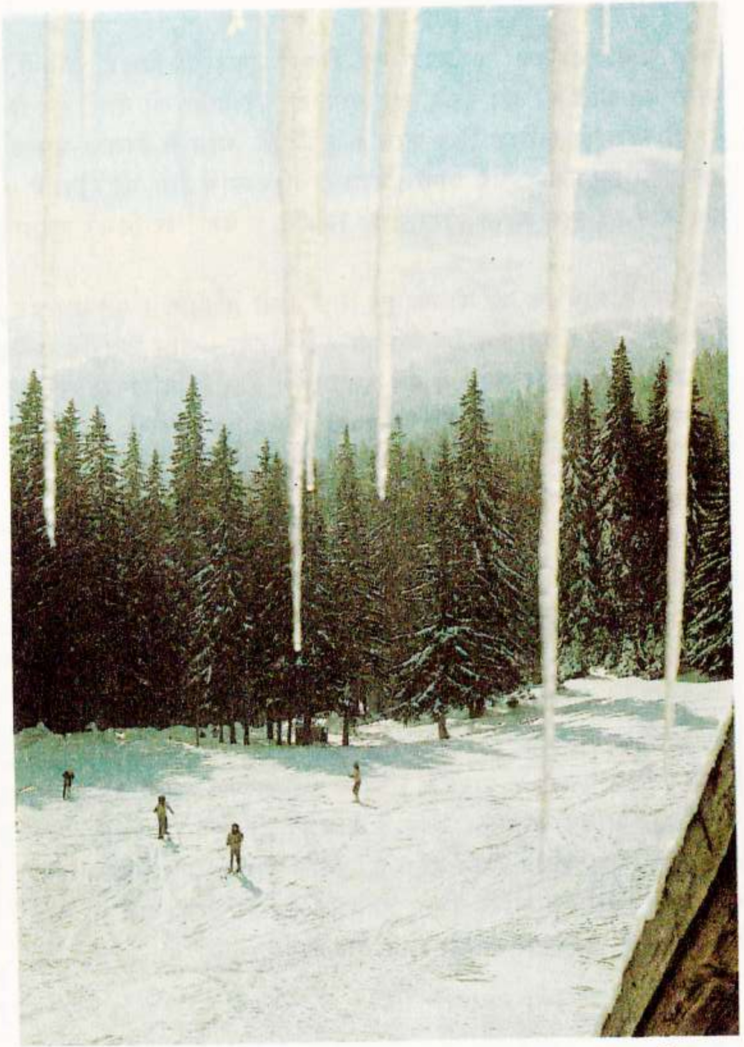
किया जाये, तो द्रव जल-धारा चूर होकर टुकड़ों में बिखर जायेगी, मानो वह कांच की छड़ हो। जब पानी से भरे बर्तन को गोली लगती है, तो ध्वंस का क्षणिक चित्र कांच के टुकड़े के ध्वंस से मिलता-जुलता होता है। इस प्रकार, द्रव पानी हमेशा ही साथ-साथ ठोस भी होता है। कब कौन-सा गुण व्यक्त होगा, यह विकृति के वेग पर निर्भर करता है।

यह न सोचें कि यह रोचक गुण सिर्फ पानी में ही है। यह गुण हर द्रव में होता है। यहां तक कि गैसें भी—जैसे हवा—ठोस पिंडों के कुछ गुण रखती हैं, यद्यपि उनमें ये गुण इतने क्षीण होते हैं कि उनकी उपेक्षा की जा सकती है। हवा का "ठोसपन" अत्यधिक संकीर्ण दरारों में प्रकट होता है, यदि विकृति का वेग बहुत बड़ा हो।

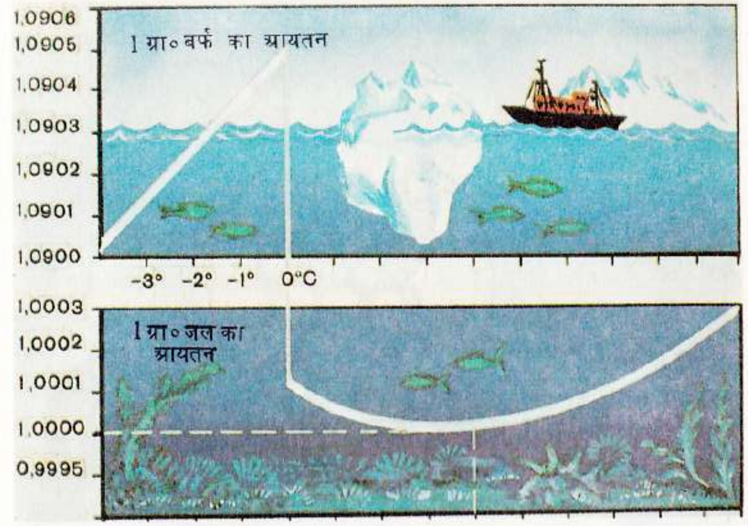
इसलिए, यदि सच पूछें तो इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं कि द्रव पानी साथ ही थोड़ा-सा ठोस भी होता है। किसी काल्पनिक दुनिया के लोग यदि हमसे हजारों गुना अधिक तेजी से चल-फिर सकते, तो वे आराम से पानी पर भी चल लेते।

पानी की कितनी गैसीय अवस्थाएं हैं? सिर्फ एक—वाष्प। पर क्या वाष्प सिर्फ एक है? बेशक नहीं। पानी के वाष्प भी उतने ही हैं जितने भिन्न प्रकार के पानी हैं। भिन्न समस्थानिक गठनों वाले जल-वाष्प बहुत अधिक समानता रखने के बावजूद भी गुणों में काफी भिन्न होते हैं: उनका घनत्व भिन्न होता है, समान तापक्रम पर संतृप्तावस्था में उनकी प्रत्यास्थता थोड़ी भिन्न होती है, उनके चरम दाब भी थोड़े भिन्न होते हैं, विसरण का वेग भिन्न होता है।

पानी की द्रव अवस्थाएं कितनी हैं? इस प्रश्न का उत्तर देना सरल नहीं है। अवस्था तो निस्संदेह एक ही है—द्रव पानी, जिससे हम भली-भांति परिचित हैं। पर द्रव अवस्था में पानी इतने असाधारण गुण

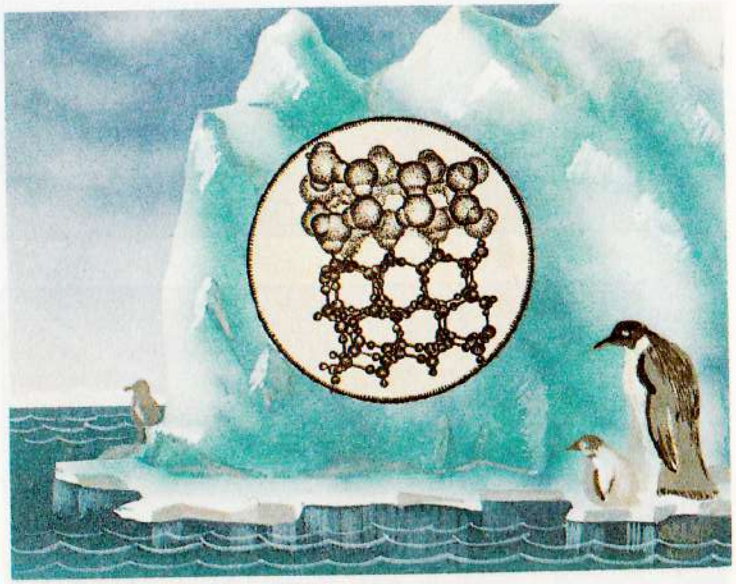


रखता है कि सोचना पड़ जाता है कि इतना सीधा-सा जवाब, जिस पर हम कोई शंका नहीं करते, सही भी है या नहीं। पानी दुनिया का एक-



ग्राफ में दिखाया गया है कि एक ग्राम बर्फ और एक ग्राम पानी के आयतन तापक्रम के अनुसार कैसे बदलते हैं। ये परिवर्तन बहुत अल्प हैं, पर प्रकृति के जीवन में इनका बहुत ज्यादा महत्त्व है। तापक्रम पर घनत्व की ऐसी आश्चर्यजनक निर्भरता सिर्फ पानी में ही होती है। पानी के एक और आश्चर्यजनक गुण पर ध्यान दें—जमने के समय बर्फ का प्रसार बहुत ज्यादा होता है। इतना ज्यादा कि जमते वक्त पानी के आयतन में परिवर्तन का ग्राफ एक चित्र में नहीं अंटता। भारी पानी में तापक्रम के अनसार आयतन में परिवर्तन इसी प्रकार से होता है, पर वह 3.8°C पर ही जम जाता है और उसका महत्तम घनत्व 11.6°C पर प्राप्त होता है।

मात्र द्रव्य है जो पिघलने के बाद पहले संकुचित होता है और फिर तापक्रम बढ़ने के साथ-साथ प्रसारित होने लगता है। करीब 4°C पर पानी का घनत्व महत्तम होता है। पानी के गुणों में इस दुर्लभ विसंगति

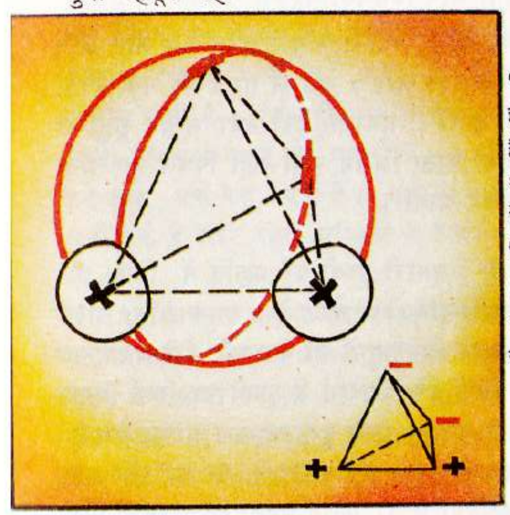


वृत्त में : निचला भाग—बर्फ की क्रिस्टलिक जाली बनाने वाले पानी के अणुओं में हाइड्रोजन व आक्सीजन के परमाणु नाभिकों की स्थिति का आरेख। ऊपरी भाग—बर्फ का क्रिस्टल बनाने वाले जलाणु (एलेक्ट्रोनी अभ्रों के पैमाने सुरक्षित रखे गये हैं)। बर्फ की भुरभुरी संरचना पर ध्यान दें।

का कारण यह है कि द्रव पानी एक बिल्कुल असाधारण गठन वाला जटिल घोल है : यह पानी में पानी का घोल है।

बर्फ पिघलने पर पहले पानी के बड़े-बड़े जटिल अणु बनते हैं। उनमें बर्फ के भुरभुरे क्रिस्टलिक गुण बचे रहते हैं और वे साधारण निम्नाण्विक पानी में घुले होते हैं। इसीलिए शुरू में पानी का घनत्व कम होता है। तापक्रम बढ़ने पर ये बड़े अणु टूटने लगते हैं और पानी

का घनत्व बढ़ने लगता है—जब तक कि वह तापीय प्रसार का साधारण गुण प्राप्त नहीं कर लेता। इसके बाद, पानी का तापक्रम फिर घटने लगता है। यदि यह सही है, तो पानी की कई द्रव अवस्थाएं संभव हैं। पर उन्हें अलग करना किसी को नहीं आता। अभी तक यह पता नहीं है कि कभी उन्हें अलग किया भी जा सकेगा या नहीं। पानी के ये असाधारण गुण जीवन के लिए बहुत बड़ा महत्व रखते हैं। जाड़ा शुरू होने पर जलाशयों में पानी ठंडा होकर नीचे बैठता जाता है, जब तक कि पूरे जलाशय का तापक्रम 4°C नहीं हो जाता। और आगे ठंडा होने पर ठंडा पानी ऊपर का ऊपर ही रह जाता है, नीचे के पानी से मिश्रित नहीं होता। इसी के फलस्वरूप यह असाधारण स्थिति उत्पन्न होती है : सतह पर की ठंडे पानी की पतली परत पानी में रहने वाले जीवों के लिए "गर्म रजाई" बन जाती है। 4°C पर वे स्पष्टतः कुछ बुरा महसूस नहीं करते।



पानी के अणु में धनावेश हाइड्रोजन के परमाणुओं से जुड़े हैं। ऋणावेश आक्सीजन के संयोजकता-एलेक्ट्रोन हैं। पानी के अणु में उनकी पारस्परिक स्थिति साधारण टेट्राहेड्रोन (चार समत्रिभुजाकार पार्श्वों वाली पिरामिडी आकृति) के रूप में दिखायी जा सकती है।

किसे हल्का होना चाहिए—बर्फ को या पानी को ? कौन यह नहीं जानता...! बर्फ पानी पर तैरती रहती है। सागरों में विशाल हिम-

शैल तैरते रहते हैं। झीलें जाड़ों में बर्फ की तैरती हुई परत से पूरी तरह ढकी रहती हैं। इसमें कोई शक नहीं कि बर्फ पानी से हल्की है। शक क्यों नहीं होता? क्या यह सब बिल्कुल स्पष्ट है? बात उल्टी होनी चाहिए थी। पिघलने पर सभी ठोस पिंडों का घनत्व कम हो जाता है और वे अपने निजी द्रव में डूब जाते हैं। लेकिन बर्फ पानी पर तैरती रहती है। पानी का यह गुण प्रकृति में एक विसंगति है, अपवाद है और बहुत ही भला अपवाद है।

कल्पना करें कि हमारी दुनिया कैसी होती, यदि पानी का गुण सामान्य होता और बर्फ हर सामान्य द्रव्य की भांति ही पानी से अधिक घनी होती।

जाड़ों में ऊपर से ठंडी हो-हो कर अधिक घनी बर्फ पानी में डूब कर जलाशय के तल पर बैठती जाती। गर्मियों में बर्फ ऊपर से ठंडे पानी की परत से ढकी रहती और पिघलती नहीं।

धीरे-धीरे सभी तालाब, झीलें, नदी-नाले पूरी तरह जम जाते और बर्फ के बड़े-बड़े ढेरों में परिणत हो जाते। अंत में समुद्र भी जम जाते; फिर महासागरों की बारी आती। हमारा हरा-भरा सुन्दर कुसुमित संसार बर्फ की मरुभूमि बन जाता जिसमें कहीं-कहीं पिघले हुए पानी की मात्र पतली-सी परत नजर आती।

बर्फ के कितने प्रकार हैं? हमारी पृथ्वी पर प्रकृति में सिर्फ एक है—साधारण बर्फ। यह सभी खनिजों में श्रेष्ठ है। चमक और सौंदर्य की दृष्टि से धूप में झिलमिलाते हिमकुसुमों की बराबरी हीरे-जवाहरात भी नहीं कर सकते। इस नीले हरे-से पदार्थ से पृथ्वी पर सिर्फ पहाड़ और विशाल हिमनद ही नहीं बने हैं, इनसे पूरा महादेश आच्छादित है। बर्फ असाधारण गुणों वाली चीज है। वह कठोर है, पर द्रव की तरह बहती है। बड़ी-बड़ी हिमनदियां हैं जो उत्तुंग पर्वतों से अपनी धीमी चाल से नीचे की ओर सतत प्रवहमान हैं। बर्फ चंचल है, हमेशा गायब

होती रहती है और बार-बार फिर से बनती रहती है। दूसरी ओर, बर्फ बहुत ही टिकाऊ है, दीर्घ काल तक अपने स्थान पर स्थिर रह सकती है—हिमनदों की किसी दरार में संयोगवश फंस कर मरे हाथी के शरीर को दसियों हजार वर्ष तक सुरक्षित रख सकती है।

अपनी प्रयोगशालाओं में आदमी ने बर्फ की कम से कम छः नयी किस्में प्राप्त की हैं जो कम अद्भुत नहीं। वे सिर्फ अत्यंत उच्च दाब के अधीन रह सकती हैं। साधारण बर्फ 208 MPa (मेगा पास्कल) दाब पर सुरक्षित रह सकती है; पर इसी दाब पर -22°C तापक्रम होने पर वह पिघलने लगती है। यदि दाब 208 MPa से अधिक हो तो घनी बर्फ—बर्फ-III—मिलती है। यह पानी से भारी होती है और उसमें डूब जाती है। तापक्रम और कम तथा दाब और अधिक—300 MPa तक—होने पर और भी घनी बर्फ—बर्फ-II—बनती है। 500 MPa से अधिक दाब पर बर्फ-V मिलती है। इस बर्फ को 0°C तक गर्म किया जा सकता है, वह पिघलेगी नहीं, यद्यपि वह बहुत अधिक दाब के अंतर्गत रहती है। 2 GPa (गीगा पास्कल) दाब से बर्फ-VI उत्पन्न होती है। यह सही माने में गर्म बर्फ है, जो 80°C तापक्रम—बिना पिघले—सहन कर सकती है। 3 GPa पर बर्फ-VII मिलती है; इसे तप्त बर्फ कह सकते हैं। बर्फ के सभी ज्ञात प्रकारों में यह सबसे घनी बर्फ है और बहुत मुश्किल से पिघलती है—शून्य से 190° ऊपर ही।

यह बिल्कुल असाधारण बर्फ है। बात सिर्फ यही नहीं है कि (यदि यह सामान्य दाब पर अपना अस्तित्व बनाये रख सके तो) इस बर्फ के टुकड़े पर खाना पकाया जा सकता है, बल्कि यह भी कि यह बर्फ-VII असाधारण तौर पर कठोर होती है। ऐसा न सोचिए कि यह बर्फ सिर्फ वैज्ञानिकों की प्रयोगशालाओं में उच्च दाब उत्पन्न करने वाले संयंत्रों में उत्पन्न हो सकती है और किसी दूसरी जगह नहीं। यह बर्फ आकस्मिक दुर्घटनाओं का कारण भी बन सकती है। विद्युत्केंद्रों की शक्तिशाली चर्खियों

की धुरी जिस बेयरिंग में घूर्णन करती है, उसमें बहुत बड़ा दाब उत्पन्न हो जाता है। यदि उसमें घर्षणरोधी तेल के साथ थोड़ा भी पानी चला जाये, तो पानी जमकर बर्फ हो जायेगा—यद्यपि बेयरिंग में तापक्रम बहुत ऊंचा होता है। उसमें बर्फ-VII के कण उत्पन्न हो जाते हैं, जो बहुत कठोर होते हैं और अपनी कठोरता के कारण धुरी और बेयरिंग दोनों को ही खरोंच-खरोंच कर नष्ट कर देते हैं; बेकार बना देते हैं।

कई वैज्ञानिकों का विचार है कि एक कम टिकाऊ बर्फ-IV भी है, जो बहुत जल्दी बर्फ-V में परिणत हो जाती है।

हो सकता है कि बर्फ अंतरिक्ष में भी हो? लगता है कि—है, और बहुत विचित्र तरह की है। इसकी खोज वैज्ञानिकों ने पृथ्वी पर की है, यद्यपि हमारे ग्रह पर ऐसी बर्फ के उत्पन्न होने की संभावना नहीं है। अब तक ज्ञात किसी भी बर्फ का घनत्व अत्यधिक दाब पर भी 1 g/cm^3 से थोड़ा-सा ही अधिक होता है।

बहुत कम दाब व तापक्रम पर, यहां तक कि परम शून्य के निकट भी, षट्कोणिक व घनाकार संरचना वाली बर्फ का घनत्व इकाई से थोड़ा ही कम होता है। इसका घनत्व 0.94 g/cm^3 है।

पर लगता है कि निर्वात में, जहां दाब नगण्य होता है और तापक्रम $-170°C$ होता है, जहां बर्फ ठोस शीतित सतह पर वाष्प के संघनन से बनती है, एक आश्चर्यजनक बर्फ उत्पन्न होती है। उसका घनत्व ...2.3 g/cm^3 होता है। अब तक की ज्ञात बर्फें क्रिस्टलिक हैं; पर यह नयी बर्फ अक्रिस्टलिक है। इसका लक्षण है—पानी के अणुओं की अव्यवस्थित सापेक्षिक स्थिति। इस बर्फ की कोई नियत क्रिस्टलिक संरचना नहीं होती और इसीलिए इसे कांचर बर्फ कहते हैं। वैज्ञानिकों का विश्वास है कि इस बर्फ को अंतरिक्षी परिस्थितियों में अवश्य ही उत्पन्न होना चाहिए और ग्रहों व पुच्छल तारों की भौतिकी में महत्वपूर्ण भूमिका निभानी चाहिए। ऐसी अतिघनी बर्फ भी हो सकती है—इसकी वैज्ञानिकों को आशा नहीं थी।

कोई और दूसरी बर्फ है? ऐसा प्रश्न पूछना ही नहीं चाहिए। बेशक, है। वैज्ञानिकगण भारी बर्फ के जमने से प्राप्त बर्फ के गुणों का भली-भांति अध्ययन कर चुके हैं। यह एकदम विशेष प्रकार की बर्फ है। यह शून्य डिग्री पर नहीं पिघलती, $3.18°$ पर पिघलती है। भारी पानी से बनी बर्फ प्राकृतिक बर्फ से सभी गुणों में—थोड़ी ही सही—भिन्न होती है। बर्फ हल्के पानी से बनायी जा सकती है, शून्य पानी से बनायी जा सकती है, भारी आक्सीजन वाले पानी से बनायी जा सकती है। यदि बिल्कुल सही कहा जाये, तो विभिन्न संभव "पानियों" में से हरेक के अनुरूप अपनी निजी बर्फ होती है और वह भी कई रूपों में होती है। और निस्संदेह, ये सभी "बर्फें" भिन्न होती हैं।

पर क्या यह संभव है कि प्रकृति में अन्यत्र और भी कोई बर्फ हो? अब तक नहीं है। पर आदमी प्रकृति के बारे में अपने ज्ञान का विस्तार करता हुआ भविष्य में बर्फ के शायद और भी कई नये प्रकार ढूंढ़ लेगा। कोई नहीं कह सकता कि उनका महत्व क्या होगा।

यदि और कोई बर्फ नहीं है, तो गर्मियों में गैस-पाइप-लाइनों में कौन सी बर्फ जम जाती है? एक अद्‌भुत बर्फ, जो वैज्ञानिकों को और इनसे भी अधिक इंजीनियरों व तकनीशियनों को बहुत परेशान करती है।

आर्द्र ईंधनी गैस को कूपों में से पाइप-लाइनों में दसियों वातदाब के अधीन वहन करने पर फौलादी नलों की दीवारों पर गर्म मौसम में भी बर्फ जमने लगती है। बर्फ की पर्त इतनी मोटी हो जा सकती है कि नली में गैस का प्रवाह रुक जाये। इस खराबी को दूर करना आसान नहीं होता।

यह विचित्र बर्फ अत्यधिक दाब पर संपीडित ईंधनी गैस की उपस्थिति में ही उत्पन्न होती है। लेकिन कहना कठिन है कि यह बर्फ है या नहीं। इसकी प्रकृति को समझने के लिए अन्वीक्षकों को बहुत मेहनत करनी पड़ी है।

इसकी क्रिस्टलिक जाली वैसी ही है जैसी साधारण बर्फ की होती है—वह हाइड्रोजनी अनुबंधों द्वारा जुड़े जलाणुओं से निर्मित होती है। साधारण बर्फ की तरह, इसमें भी नियत आयतन वाले रिक्त स्थान हुआ करते हैं। संपीडित गैस के परिवेश में बर्फ बनते वक्त एक विचित्र घटना घटती है जिसकी खोज अपेक्षाकृत हाल ही में हुई है—बर्फ की जाली के हर रिक्त स्थान में मिथेन का एक अणु बंद हो जाता है। पिंजड़े में बंद गैसाणु, बर्फ के क्रिस्टलिक कोटर बनाने वाले जलाणुओं के साथ रासायनिक तौर पर संबंधित नहीं होता। गैसाणु महज कैद में होता है। इस तरह की बर्फ में ढेर सारी मिथेन होती है।

बर्फ की जाली में सन्निविष्ट गैसाणु बर्फ के गुणों पर अपना प्रभाव डाले बगैर नहीं रहते। वे जाली की मजबूती बढ़ा देते हैं। यही कारण है कि ऐसी बर्फ अधिक ऊंचे तापक्रम पर पिघलती है।

ऐसे यौगिक हैं, और उनका महत्व भी अब बहुत ज्यादा है, उनकी संख्या भी काफी अधिक है—फिर भी जिन्हें रासायनिक यौगिक नहीं माना जा सकता। इनकी उत्पत्ति में रासायनिक अनुबंधों का कोई हाथ नहीं होता। इनका नाम क्लैथ्रेट (clathrate) (प्रजालीय) पड़ा है और शायद इन्हें यांत्रिक यौगिक कहा जा सकता है।

गैस वहन करने वाले नलों में ही प्रजालीय बर्फ बनती है। फिर भी शायद ही उसे बर्फ माना जा सकता है।

बर्फ को पिघलाने के लिए क्या चाहिए? ढेर सारा ताप। किसी भी अन्य द्रव्य की समान मात्रा को पिघलाने के लिए आवश्यक

ताप-मात्रा से कहीं ज्यादा ताप। द्रवण का इतना ऊंचा विशिष्ट ताप —80 cal (335 J) प्रति ग्राम बर्फ—भी पानी के विसंगत गुणों में से एक है। पानी जमने के समय, ताप की यही मात्रा रेचित होती है।

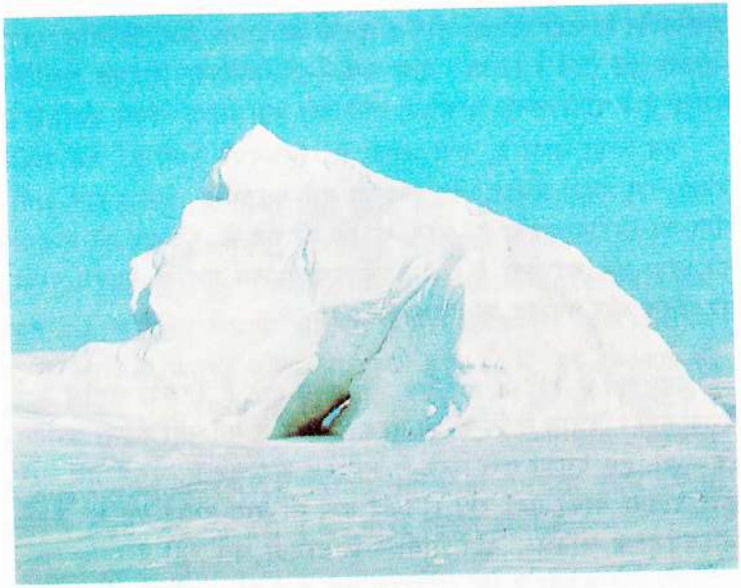
जब जाड़ा आता है, बर्फ बनती है, हिमवर्षा होती है, तब पानी अपना ताप देकर जमीन और हवा को गर्म रखता है। इस प्रकार पानी शीत का विरोध करता है और कड़ाके की ठंड में संक्रमण की प्रक्रिया को थोड़ा नर्म कर देता है। पानी के इसी उत्तम गुण के कारण पृथ्वी पर वसंत और पतझड़ ऋतुएं आती हैं।

क्या बर्फ के बारे में हम सब कुछ जान चुके हैं? क्या सवाल है? बेशक नहीं। विज्ञान में किसी भी चीज के बारे में यह नहीं कहना चाहिए कि—हां, हम इसका पूरी तरह से अध्ययन कर चुके हैं; इसमें अब और कुछ जानना बाकी नहीं रहा। फिर यहां तो बात हमारे ग्रह के सबसे आश्चर्यजनक खनिज—ठोस पानी—के बारे में चल रही है।

हमें लग सकता है कि साधारण बर्फ से बेहतर आखिर और किस चीज का अध्ययन हुआ होगा! पर यह चिरपरिचित द्रव्य भी रहस्यों से भरा हुआ है।

बर्फ की क्रिस्टलिक संरचना भी एक रहस्य ही है। इसकी बनावट और मजबूती पानी के अलग-अलग अणुओं के बीच हाइड्रोजनी अनुबंध की मजबूती से निर्धारित होती है। जीवों के ऊतकों में बहुलकों के अणुओं में हाइड्रोजनी अनुबंध बहुत बड़ी भूमिका निभाते हैं। संभव है कि इसका जीवनोत्पत्ति के लिए भी बहुत बड़ा महत्व हो, क्योंकि बर्फ के पिघलने से बने पानी में बर्फ की संरचना की छाप शायद लंबे समय तक सुरक्षित रहती है। इस क्षेत्र का अध्ययन विज्ञान ने अभी शुरू ही किया है।

पिछले वर्षों से ज्ञान के एक नये महत्वपूर्ण क्षेत्र का विकास हो रहा है। यह है—हिम-भौतिकी। बर्फ की सिल्लियां मजबूत, सस्ती और



अच्छी निर्माण-सामग्री हैं। इनसे घर और गोदाम बनते हैं; पानी की सतह पार करने के लिए विश्वस्त प्राकृतिक सेतु और ऊबड़-खाबड़ जगह पर समतल सड़कें भी इनसे बन जाती हैं; इनसे बनी लंबी पट्टी पर विमान भी उतारा जा सकता है। पर बर्फ दैविक दुर्घटनाओं का भी कारण है। पानी पर तैरते इसके ठोस सिल्ले बांध तोड़ देते हैं, पुल बहा ले जाते हैं; जमीन की नमी के जम जाने से जमीन बहुत कड़ी हो जाती है; ठंड में जहाजों और विमानों पर बर्फ की परत बैठने लगती है जिसे हटाना बहुत मुश्किल होता है। इसके कारण गतिमान पुर्जे अपनी गति बंद कर दे सकते हैं। इसीलिए बर्फ के सभी गुणों का अध्ययन करना, इसके यांत्रिक, वैद्युत, स्वनिक, विद्युचुंबकीय व विकिरण संबंधी सभी लंछकों (विशेषतासूचक राशियों) को निर्धारित करना एकदम जरूरी हो गया।

इस सिलसिले में कई ऐसी बातों का पता चला जिनकी न किसी ने आशा की थी, न किसी ने कल्पना की थी। उदाहरणार्थ, बर्फ अर्ध-चालक (semiconductor) निकली—वह भी प्रोटोनी किस्म की अर्धचालक। निर्धारित किया गया है कि पानी जमने के वक्त बर्फ और पानी के विभाजक तल पर दसियों वोल्ट तक का वैद्युत विभवांतर उत्पन्न हो जाता है।

बर्फ की क्रिस्टलिक जाली में अणुओं की गतिशीलता का भी पता चला है: वे सिर्फ घूर्णन ही नहीं करते, वे आण्विक पैमाने की दृष्टि से अपेक्षाकृत बड़ी दूरियों तक छलांगों के रूप में स्थानांतरित भी हो सकते हैं।

प्रकृति में बर्फ के बनने की प्रक्रिया और उसके आचरण के अध्ययन से भी कई आश्चर्यजनक बातें ज्ञात हुईं। पृथ्वी के ध्रुव पर स्थित बर्फ प्रतिबल (आंतरिक तनाव) की स्थिति में "चीखती" है। जब बर्फ की चट्टानों का अपरूपण (deformation) शुरू होता है, तो, जैसा कि एफ. नान्सेन बताते हैं, हल्की सी चटक और कराह की आवाज होती है जो प्रबल होने के साथ-साथ सभी प्रकार के स्वरों में परिणत होने लगती हैं—बर्फ कभी सिसकियां भरती है, कभी कराहती है, कभी चीखती है, तो कभी चीत्कार उठाती है। क्रमशः तेज होते-होते उसकी आवाज बांसुरी की स्वर-लहरी जैसी हो जाती है।

चरम प्रतिबल पर टूटने के पहले चट्टान से झंकार की सी आवाज आती है, फिर मानो वह दीर्घ निःश्वास छोड़ती है।

बर्फ की आवाज की प्रकृति और हवा के तापक्रम की पारस्परिक निर्भरता भी निर्धारित की जा चुकी है। पर हिम-भौतिकी के इस महत्वपूर्ण क्षेत्र का अभी पर्याप्त अध्ययन नहीं हुआ है।

प्रकृति में बर्फ बनने की प्रक्रिया की और्जिकी के अन्वीक्षण से और भी ढेर सारी अज्ञात बातों का पता चल सकेगा। पानी के जमने से

विमुक्त ताप की विराट मात्रा शीत के आगमन को लंबे समय तक रोक रखती है। बर्फ पिघलने में ताप के अवशोषण से वसंत का आगमन धीमा हो जाता है। पृथ्वी पर जलवायु का परिवर्तन इस ग्रह पर बर्फ की मात्रा में परिवर्तन के साथ संबंधित है। पर मौसम और इन विश्वव्यापी प्रक्रियाओं की ऊर्जा-धारिता की पारस्परिक निर्भरता का सही हिसाब अभी नहीं लगाया जा सका है। अभी बहुत सारी बातें अज्ञात हैं।

कुछ अन्य रहस्य भी हैं। उदाहरणार्थ, प्राचीन अभिलेखों में इस प्रकार के वर्णन मिलते हैं कि हिमाच्छादित खेतों पर धूप पड़ने के बाद वे अंधेरे में देर तक हल्का प्रकाश देते हुए चमकते रहते हैं। यह सच है या झूठ, कब और कैसे यह संवृत्ति उत्पन्न होती है, इसका कारण क्या है, आदि, बातों का ज्ञान कम रोचक नहीं होगा। यह भी देखा गया है कि बर्फ को शून्य से कुछ नीचे के तापक्रम पर धूप से अंधेरे कमरे में लाने पर, वह चमक छोड़ने लगती है। कहते हैं कि जब ओले पड़ते हैं, तो उनमें से प्रथम ओले भी एक विशेष चमक रखते हैं—मानो उनमें विद्युत्प्रदीप्ति का गुण हो। इस बात की सच्चाई की जांच और व्याख्या दिलचस्प होगी।

पानी को गर्म करने के लिए कितना ताप चाहिए ? बहुत ज्यादा। किसी भी अन्य द्रव्य की समान मात्रा को गर्म करने के लिए आवश्यक ताप से अधिक। एक ग्राम पानी को एक डिग्री अधिक गर्म करने के लिए एक कैलोरी (या 4.2 जूल) ताप चाहिए (दूसरे शब्दों में, पानी की तापधारिता या विशिष्ट ताप 1 कैलोरी है)। यह किसी अन्य रासायनिक यौगिक की तापधारिता के दुगुने से भी अधिक है।

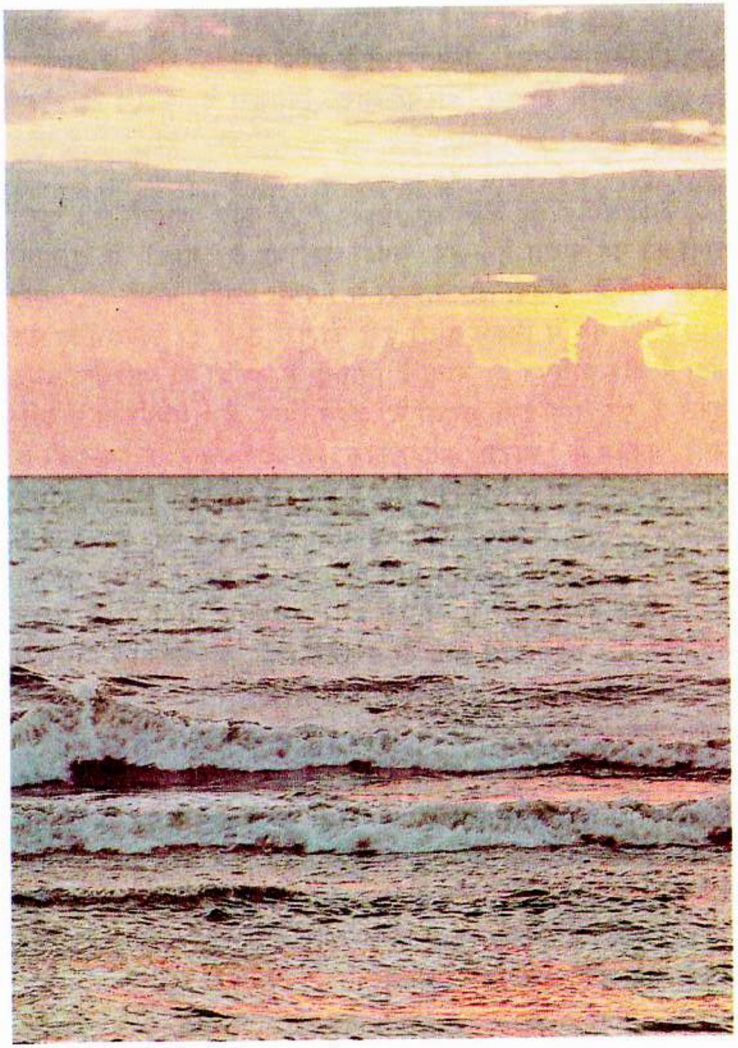
पानी अपने उन गुणों के मामले में भी असाधारण है, जिनसे हमारा वास्ता दिन-प्रति-दिन पड़ता रहता है। पानी की यह क्षमता सिर्फ रसोई बनाने के सिलसिले में ही महत्वपूर्ण नहीं है। पानी—यह

पृथ्वी पर ताप का वितरक है। विषुवत् रेखा पर वह सूर्य से गर्म होकर ताप को विशाल समुद्री जलधाराओं के साथ ध्रुववर्ती क्षेत्रों में पहुंचाता है, जहां पानी की इस आश्चर्यजनक विशेषता के कारण ही जीवन संभव हुआ है।

पानी बादलों में कैसे पहुंच जाता है ? बहुत आसानी से। सूरज पानी को गर्म करता है—हर जगह, जहां वह है : गड्ढों में, तालाबों और झीलों में, नदियों और सागरों में। पानी अपनी पतली सी ऊपरी परत में ही सूर्य से मिलने वाली पूरी की पूरी ऊर्जा को अवशोषित कर लेता है और वाष्पित हो जाता है। पानी के अणुओं की संरचना बहुत सरल है, पर अन्य सभी अणुओं से बहुत भिन्न है। अतिरिक्त हाइड्रोजनी अनुबंध के कारण अंतराणविक आकर्षण-बल से वे एक-दूसरे के प्रति बहुत प्रबलता से आकर्षित होते हैं। सूरज को इसके लिए अत्यधिक ऊर्जा खर्च करनी पड़ती है कि वह पानी के अणुओं को एक-दूसरे से अलग करके वाष्प बना सके। ऐसा एक भी द्रव्य नहीं है जिसके वाष्पन का विशिष्ट ताप पानी से अधिक हो। इसीलिए पानी सबसे अच्छा तापवाही है। इसके साथ कोई भी बराबरी नहीं कर सकता। विद्युत्केंद्रों की वाष्प-चर्खियों और वाष्प-जनित्रों के खोखले बेलनों में इससे अच्छा काम दूसरा कोई द्रव्य नहीं कर सकता।

पानी प्रकृति में एक विराट जनित्र का काम करता है। मौसम-वैज्ञानिकों ने हिसाब लगाया है कि सूरज पृथ्वी पर से हर मिनट एक अरब टन जल वाष्पित करता है। हर मिनट **एक अरब** टन जलवाष्प गर्म हवा के ऊर्ध्वगामी प्रवाह के साथ वातावरण की ऊपरी परतों तक पहुंचता रहता है। एक ग्राम जलवाष्प अपने साथ 537 कैलोरी (2265 जूल) सौर ऊर्जा ऊपर ले जाता है।

अत्यधिक ऊंचाई पर, जहां दाब बहुत कम होता है, हवा का आयतन-प्रसार होता है, उसका तापक्रम तेजी से घटता है और जलवाष्प



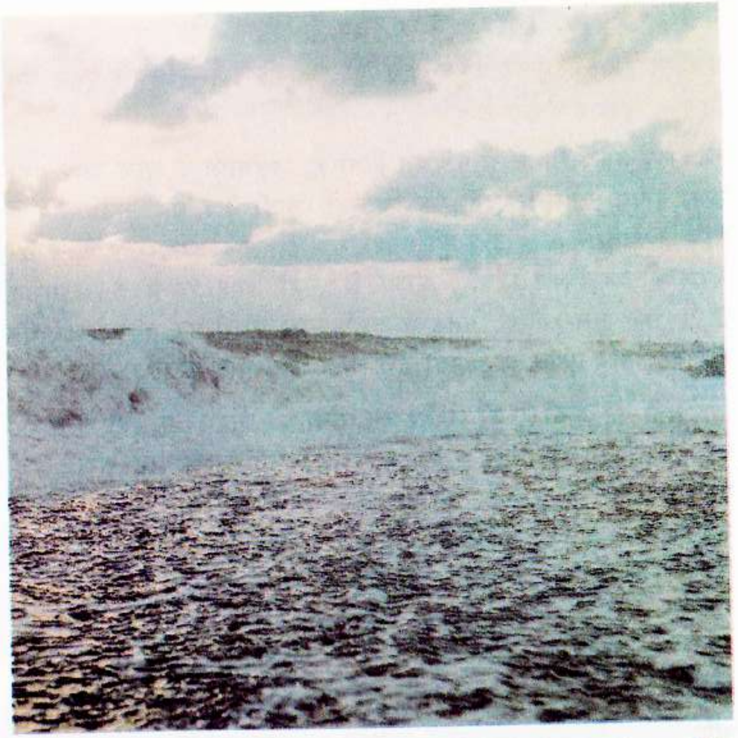
संघनित होता है, फिर से पानी में परिणत होता है—जिसके सूक्ष्म कण मिलकर बादल बनाते हैं।

जब वाष्प बादल में परिणत होता है, जलवाष्प के साथ ऊपर गयी ऊर्जा वापस वातावरण में उत्सर्जित हो जाती है। यह ऊर्जा ताप में परिणत होती है और हवा को गर्म करती है। जलवाष्प पृथ्वी के वातावरण को हर मिनट विशाल मात्रा में ऊर्जा देता रहता है—लगभग $2.2 \cdot 10^{10}$ जूल। एक मिनट में इतनी ऊर्जा पृथ्वी पर 4 करोड़ विद्युकेंद्र देते, यदि हरेक की क्षमता 10 लाख किलोवाट होती।

यही वह ऊर्जा है जो अरबों टन पानी को बादलों में हवा के सहारे वहन करती है और वर्षा के रूप में सारी धरती की सिंचाई करती है। यही वह ऊर्जा है जिसके कारण हवा चलती है, आंधी और तूफान उठते हैं। और एक तेज झंझा जितनी ऊर्जा रेचित करती है, उतनी ऊर्जा तीस हजार परमाणु-बम मिलकर उत्सर्जित करेंगे।

सागर का पानी खारा क्यों? पानी के एक सबसे आश्चर्यजनक गुण का यह एक सबसे महत्वपूर्ण परिणाम है। उसके अणु में धन व ऋण आवेशों के केन्द्र एक-दूसरे से बहुत दूर स्थानांतरित होते हैं। इसीलिए पानी की पारवैद्युत वेधिता का मान अपवाद रूप से ऊंचा और विसंगत होता है। पानी के लिए पारवैद्युत वेधिता $\varepsilon = 80$ है और हवा तथा निर्वात के लिए $\varepsilon = 1$ है। इसका मतलब है कि दो विपरीत आवेश पानी में एक-दूसरे की ओर 80 गुना कम बल से आकर्षित होते हैं—बनिस्बत कि हवा में। यह कलन आप निम्न सूत्र से कर सकते हैं, जो कूलंब के नियम को व्यक्त करता है :

$$f = k.\frac{Q_1 \cdot Q_2}{\varepsilon r^2},$$



जहां f=आकर्षण-बल, k=समानुपातन-गुणांक, Q_1 व Q_2=आवेश मात्राएं, r=आवेशों के बीच की दूरी, ε=पारवैद्युत वेधिता ।

पर किसी भी पिंड की मजबूती निर्धारित करने वाले अंतराण्विक अनुबंध, परमाणु नाभिकों के धनावेशों और ऋणाविष्ट एलेक्ट्रोनों की व्यतिक्रिया पर निर्भर करते हैं । पानी में डूबे पिंड की सतह पर परमाणुओं या अणुओं के बीच क्रियाशील बल, पानी के प्रभाव से, करीब सौ गुना क्षीण हो जाते हैं । यदि अणुओं के बीच के संबंध बची-खुची मजबूत तापीय गति के प्रभाव का प्रतिकार करने के लिए काफी नहीं होते, तो पिंड के अणु या परमाणु उसकी सतह से धीरे-धीरे अलग होना शुरू कर देते हैं और पानी में संक्रमण कर जाते हैं । पिंड घुलने लगता

है—या तो चाय के गिलास में चीनी की तरह अलग-अलग अणुओं मे टूटता हुआ; या, साधारण नमक की तरह आयनों—आविष्ट कणों—में विघटित होता हुआ ।

अपनी विसंगत ऊंची पारवैद्युत वेधिता के कारण ही पानी सबसे शक्तिशाली घोलकों में से एक माना जाता है । वह धरातल पर किसी भी वस्तु को घुलाने की क्षमता रखता है । यहां तक कि वह ग्रैनाइट को भी—उसमें से सरलतापूर्वक घुलने वाले घटकों को धोता हुआ—धीरे-धीरे नष्ट कर देता है ।

प्रकृति में कोई भी ऐसी वस्तु नहीं है, जो इस सर्वशक्तिशाली ध्वंसक पानी का प्रतिरोध कर सके ।

नदी-नाले, झरने, सोते—सभी पानी में घुले विभिन्न द्रव्यों को समुद्र में पहुंचा दिया करते हैं । समुद्रों का पानी फिर से वाष्पित होता है । और, वह फिर से जमीन पर लौटता है ताकि अपना काम जारी रख सके । पर घुलित लवण समुद्रों और सागरों में ही रह जाता है ।

यह मत सोचिए कि पानी सिर्फ सरलता से घुलने वाले द्रव्यों को ही घोलकर समुद्र में पहुंचाता है और समुद्र में सिर्फ साधारण नमक ही है जो रसोई में काम आता है । नहीं । समुद्री पानी में करीब-करीब वे सभी तत्त्व हैं जो प्रकृति में प्राप्य हैं । उसमें मैग्नेशियम है, कैल्शियम है, सल्फर, ब्रोमीन, फ्लोरीन व आयडीन हैं । कुछ कम मात्रा में लोहा, तांबा, निकेल, टिन, यूरेनियम, कोबाल्ट और यहां तक कि सोना और चांदी भी हैं । रसायनविद समुद्री पानी में साठ से अधिक तत्त्व प्राप्त कर चुके हैं । शायद बाकी सब भी मिल जायेंगे । पर समुद्री पानी में सबसे ज्यादा है साधारण नमक, इसीलिए समुद्र का पानी खारा है ।

किन्तु, क्या आप जानते हैं कि आदमी और अन्य जन्तुओं का रक्त लवणों के अनुपात के अनुसार समुद्री पानी के निकट है ? और यह कि

पादप (पेड़-पौधे, वनस्पतियां) जमीन से पोषक द्रव्य जलीय घोलों के ही रूप में प्राप्त करते हैं ? यदि पानी में यह आश्चर्यजनक गुण—पार-वैद्युत वेधिता का असाधारण रूप से ऊंचा मान—नहीं होता, तो समुद्र खारा नहीं होता; और, इस बात को जानने वाला कोई नहीं होता—पृथ्वी पर जीवन नहीं होता ।

पानी में उसके खुद के अणु आयनों में टूटते हैं या नहीं ? हां, टूटते हैं । पानी के अणु का बहुत ही छोटा अंश आयनों में विघटित होता है : $H_2O = H^+ + OH^-$ । सामान्य तापक्रम पर पानी के एक करोड़ अणुओं में से सिर्फ दो विघटित होते हैं ।

स्वतंत्र प्रोटोन H^+ —हाइड्रोजन-परमाणु का नाभिक—जलीय परिवेश में अपना अस्तित्व सुरक्षित नहीं रख सकता । हाइड्रोजन-आयन तुरंत ही पानी के अणु के साथ संयुक्त होकर हाइड्रॉक्सोनियम-आयन (hydroxonium ion) H_3O^+ बना लेता है ।

क्या जलाणुहीन पानी हो सकता है ? हां, लगता है कि हो सकता है । यह सच है कि पानी को गर्म करते जाने पर उसके अणुओं का आयनों में विघटन भी बढ़ता जाता है ।

बहुत ऊंचे तापक्रम पर पानी की एक ऐसी अवस्था भी आनी चाहिए कि उसमें पानी का एक भी अणु साबुत न बचे, सब के सब आयनों में विघटित हो जायें ।

कल्पना किया जा सका है कि ऐसी अवस्था 900°C तापक्रम से कम पर नहीं आयेगी और इसके लिए दाब 15 GPa से कम नहीं होना चाहिए ।

संभव है कि ऐसा पानी पृथ्वी की गहराइयों में होता हो । इसमें कौन से गुण होंगे, यह जानना रोचक होगा ।



पानी में पानी से पानी कैसे बनता है ? निस्संदेह, सबसे आसान होगा यह मान लेना कि पानी में पानी के अणु, प्रोटोन व हाइड्रोजन-आयन के साथ ऋणायन—हाइड्रॉक्सील (hydroxyl)—की पारस्परिक क्रिया से बनते हैं। दुनिया की सभी पाठ्य-पुस्तकों में यही लिखा होता था। इसके बाद रसायनविद यह मानने लगे कि पानी के अणु हाइड्रॉक्सील और हाइड्रॉक्सोनियम-आयन की व्यतिक्रिया (पारस्परिक क्रिया) से बनते हैं :

$$H_3O^+ + OH^- = 2H_2O$$

चूंकि हाइड्रॉक्सोनियम-आयन का आकार "नंगे" प्रोटोन—हाइड्रोजन-आयन H^+—से कहीं ज्यादा है, इसलिए हाइड्रॉक्सील की हाइड्रॉक्सोनियम के साथ टक्कर ज्यादा बार होनी चाहिए, बनिस्बत कि प्रोटोन के साथ। हाइड्रॉक्सोनियम के साथ प्रतिक्रिया का वेग भी अधिक होना चाहिए। सिद्धांततः कणों के आकार निर्धारित करके प्रोटोनों और हाइड्रॉक्सोनियम-आयनों—दोनों के साथ की प्रतिक्रियाओं के वेग-स्थिरांक भी कल्पित किये जा सकते हैं।

किन्तु प्रयोग करने पर परिणाम आशा से भिन्न निकला। पता चला कि प्रतिक्रिया के वेग-स्थिरांक का मान और भी ज्यादा है; पानी में पानी के अणु हाइड्रोजन-आयनों H^+ से नहीं बनते, जैसा कि पाठ्य-पुस्तकों में लिखा जाता था, और न ही हाइड्रोक्सोनियम-आयनों से, जैसा कि लगभग सभी रसायनविद मानते रहे थे। पानी के अणु अपेक्षाकृत कहीं अधिक बड़े कणों से बनते हैं। वैज्ञानिकों का विचार है कि वे $H_9O_4^+$ और $H_7O_4^-$ जैसे बड़े आयनों से बनते हैं।

अतः, पानी में पानी बनने की प्रतिक्रिया रसायनविदों की दृष्टि में और भी अनोखी है :

$$H_9O_4^+ + H_7O_4^- = 8H_2O$$

पानी "गीला" क्यों है ? पानी कुछ ज्यादा "गीला" नहीं है—यदि माना जाये कि यह मजाकिया प्रश्न, पानी की अन्य पिंडों को भिगोने (क्लोदित करने) की क्षमता से संबंधित है। पानी धातुओं को बहुत मुश्किल से भिगोता है; तैलीय सतहों को बिल्कुल ही नहीं भिगोता। पानी से पैराफीन को आप नही भिगो सकते। अनेक बहुलकी पदार्थों—टेफ्लोन, पोलीएथिलीन, आदि—की सतहों से पानी की बूंदें ढुलककर अलग हो जाती हैं। पर स्पिरिट या, उदाहरणतया, किरासीन किसी भी पिंड को अच्छी तरह भिगो सकते हैं। इसका कारण यह है कि पानी के अणुओं के बीच आकर्षण असाधारण रूप से इतना बड़ा है कि जिस सतह पर अन्य द्रव पसरने लगते हैं, वहां पानी बूंदों के रूप में जमा होने लगता है।

पानी के इस गुण के कारण दैनंदिन जीवन और तकनीक में काफी परेशानियों का सामना करना पड़ता है : तेल या चर्वी से गंदे हुए हाथों को आप पानी में नहीं धो सकते। इसीलिए साबुन का आविष्कार हुआ। रसायनविदों ने अनेक विशेष द्रव्य संश्लिष्ट किये हैं जिन्हें "क्लेदक" कहते हैं। ये तकनीक में पानी को और भी "गीला" करने के काम आते हैं।

क्या सूखा पानी संभव है ? हां, है। वैज्ञानिकगण हाल ही में बिल्कुल सूखा पानी तैयार करने में सफल हुए हैं। साधारण पानी में अक्लेद्य सिलिसिक अम्ल का थोड़ा सा महीन चूर्ण मिला देते हैं। पानी तुरंत ही शुष्क और कुड़कुड़ा हो जाता है। इसे थैलों में डालकर एक जगह से दूसरी जगह ले जा सकते हैं। छूने पर ऐसा पानी आर्द्र बिल्कुल ही नहीं लगता; सिर्फ शुष्क और ठंडा लगता है।

"पिच्छिल" पानी क्या है ? "पिच्छिल" (फिसलनदार) पानी भी काफी महत्वपूर्ण है। यहां उन निराले गुणों की बात चल रही है जिन्हें पानी अपने में घुले द्रव्यों से ग्रहण करता है। ये गुण इन द्रव्यों पर निर्भर करते हैं—यह बिल्कुल स्पष्ट है और इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं है।

पर नगण्य मात्रा में कुछ मिला देने पर द्रव्य के प्रमुख गुण इतनी तेजी से बदल जायेंगे, जैसा कि एक घुलनशील बहुलक की अल्प मात्रा मिलाने का प्रभाव पानी के गुणों पर पड़ा था, इसकी उम्मीद वैज्ञानिकों को नहीं थी।

पता चला कि पानी में घुलनशील बहुलक पोलिएथिलीनॉक्साइड की नगण्य मात्रा घुलाने पर पानी एक आश्चर्यजनक गुण प्राप्त कर लेता है; जिसके कारण इस घोल का नाम "पिच्छिल" पानी पड़ा है। ऐसा पानी पाइपों में साधारण पानी की तुलना में तिगुनी क्षिप्रता से बहता है। पानी का छिड़काव करने के लिए प्रयुक्त रबड़ की नली (hose) से ऐसे पानी की धार दुगुनी दूरी पर गिरती है। "पिच्छिल" पानी में पिंड कहीं अधिक तेजी से गति करते हैं। इस पानी का उपयोग आग बुझाने में होने लगा है।

पानी का रूप कैसा है ? प्रश्न विचित्र सा लगता होगा, पर इसे पूछना बिल्कुल सही है। किसी भी अन्य द्रव की तरह पानी का भी अपना निजी रूप है। इसका रूप है—गोलाकार। पाठ्यपुस्तकों में जो अक्सर लिखा रहता है कि पानी बर्तन का रूप ग्रहण कर लेता है, उसका अपना रूप नहीं होता, गलत है। इसका निजी रूप पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण-शक्ति के कारण बिगड़ जाता है।

यह बात कि पानी का निजी रूप वर्तुल (गोलाकार) है, आसानी से सिद्ध की जा सकती है—अंतरिक्ष-यान में बैठकर अंतरिक्ष में पहुंच



जाइए और बोतल से पानी झाड़ दीजिए (गुरुत्वाकर्षण की उपस्थिति में उड़ेलना संभव नहीं होगा)। पृथ्वी पर भी देख सकते हैं : गिरती बूंद को देखिए या साबुन का एक बड़ा सा बुलबुला बना दीजिए। इन स्थितियों में भार का कोई प्रभाव नहीं रह जाता और इसीलिए पानी किसी भी अन्य द्रव की भांति अपना निजी रूप ग्रहण कर लेता है।

क्या पानी की सतह पर दौड़ा जा सकता है ? हां। यदि विश्वास न हो, तो जाकर किसी तालाब या पोखर की सतह पर देखिए-—दुनिया भर के छोटे-मोटे जीव पानी पर चल-फिर रहे हैं, दौड़ भी रहे हैं। यदि

6-1148



आप इस बात को ध्यान में रखेंगे कि इन कीड़े-मकोड़ों के पैरों का टेक-क्षेत्र (अर्थात् जिस क्षेत्र पर वे अपना पैर टिकाते हैं) बहुत छोटा होता हैं, तो आप सरलता से समझ जायेंगे कि उनका भार कम होने पर भी वे दबाव बहुत अधिक डालते हैं। पानी की सतह बिना छिन्न हुए इस दबाव को सहन कर लेती है।

क्या पानी ऊपर की ओर बह सकता है? हां, बह सकता है। यह हमेशा और हर जगह होता है। पानी जमीन की पूरी मोटी पर्त को भिगोता हुआ भूगत जल के स्तर से ऊपर धरातल तक स्वयं उठ आता है। पेड़ के अंगों में केश-सदृश पतली वाहिकाओं में पानी गहरी जड़ों से फुनगियों तक खुद ऊपर उठ आता है और इस प्रकार पत्ते और फल पानी में घुले पोषक द्रव्य प्राप्त कर लेते हैं। जब आप स्याही-सोख्ते से स्याही की बूंद सोखते हैं या तौलिये से बदन पोंछते हैं, तो इसमें भी पानी सोख्ते के रंध्रों या तौलिये के रेशों के सहारे ऊपर उठ आता है। केश जैसी पतली नलियों—केशिकाओं—में पानी कई मीटर तक ऊपर उठ सकता है।

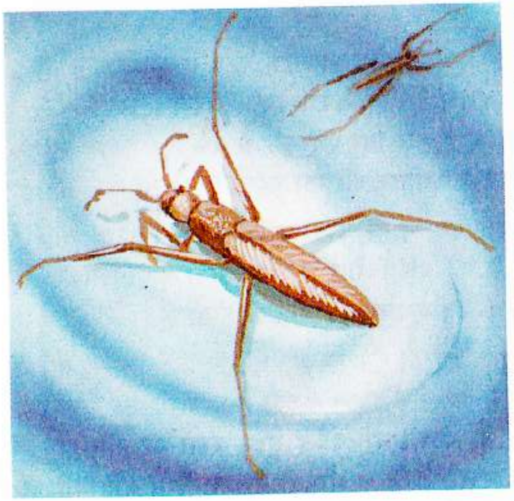
इसका कारण क्या है? इसका कारण पानी का एक और अनोखा गुण है। पानी की सतह का तनाव अपवादात्मक रूप से अधिक है। पानी की सतह पर स्थित अणुओं पर अंतराण्विक आकर्षण-बल सिर्फ नीचे से लगते हैं और पानी में ये बल विसंगत रूप से बड़े हैं। इसीलिए उसकी सतह का हर अणु द्रव को भीतर खींचता रहता है।

परिणामस्वरूप ऐसा बल उत्पन्न हो जाता है जो द्रव की सतह को तानकर रखता है। पानी में यह बल विशेष रूप से बड़ा है: उसका तलीय तनाव 72 mN/m (मिलीन्यूटन प्रति मीटर) होता है।

यही बल साबुनी बुलबुले, गिरती बूंद या भारहीनता की अवस्था में द्रव की किसी मात्रा को गोले का रूप प्रदान करता है। पानी को यही बल जमीन में ऊपर उठाता है, पतली नलियों व सूक्ष्म रंध्रों की भीतरी दीवारें इसी बल के कारण अच्छी तरह से भीगती हैं। पानी में यदि यह गुण नहीं होता, तो धरती पर खेतीबारी शायद ही संभव होती। यह बल ही पोखर की सतह पर दौड़ते कीड़ों-मकोड़ों को डूबने से बचाता है (उनके पैर पानी में भीगते नहीं हैं)। मध्य अमरीका के कोस्टारीका में एक छिपकली होती है, जो पानी पर दौड़ सकती है। कई बड़े कीड़े-मकोड़े भी पानी की सतह पर इसी तरह से भाग लेते हैं। बेशक, पानी का तलीय तनाव इतना अधिक नहीं होता कि वह छिपकली को सतह पर रोककर रख सके। छिपकली के नहीं डूबने का कारण है—उसका बहुत तीव्र वेग।

क्या पानी जल सकता है? हां, जल सकता है। पानी मुक्त फ्लुओरीन (एक गैस) के परिवेश में जलता है।

किसी ने पानी देखा है? यह प्रश्न बेवकूफी भरा लग सकता है। पर प्रश्न का संबंध बिल्कुल शुद्ध पानी से है जिसमें कोई भी अशुद्धि नहीं



पानी का तलीय तनाव इतना अधिक है कि उस पर इन जैसे बड़े-बड़े मकोड़े भी आराम से तैर कर सकते हैं।

मिली हो। तब सही उत्तर देने के लिए मानना होगा कि पानी को अब तक किसी ने न तो देखा है, न हाथ में लिया है। यह बात और है कि बहुत साफ पानी और उसके अति तनु घोलों के बीच कोई अंतर खाली आंखों से नहीं देखा जा सकता, पर विज्ञान खाली आंखों से नहीं देखता। अस्तु, जो कुछ गिलास में डला हुआ है और जिसे हम सिर्फ पानी कहते हैं, वह दरअसल पानी में कई द्रव्यों का एक **घोल** है। उसमें गैसें घुली होती हैं—नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, आर्गन, कार्बन डायक्साइड। हवा में उपस्थित सभी मिलावटें भी पानी में घुली होती हैं। पानी में मिट्टी में पाये जाने वाले विभिन्न लवण घुले होते हैं, जलवाही नलों का लोहा घुला होता है। उसमें आवर्त-प्रणाली के लगभग सभी तत्त्वों के सैकड़ों और शायद हजारों यौगिक घुले होते हैं। उसमें धूल, लोहे के आक्साइड, विभिन्न कोलायडी अवसादों, आदि, के अघुलनशील कण, निलंबित रहते हैं। और, इसे हम शुद्ध पानी कहते हैं!

परम शुद्ध जल प्राप्त करने की समस्या पर अनेक वैज्ञानिक काम

कर रहे हैं। लेकिन अब तक ऐसा जल प्राप्त नहीं किया जा सका है। और ऐसा पानी मिले भी कैसे : गिलास में ढला पानी गिलास की दीवारों को घोलने लगता है, किसी भी गैस के संपर्क में आते ही वह इस गैस को घोल लेता है।

बहुत अच्छी तरह साफ किया हुआ और गैसों से मुक्त पानी, एक और असाधारण गुण प्राप्त कर लेता है : उसे क्वथनांक से दसियों डिग्री ऊपर गर्म किया जा सकता है, वह खौलेगा नहीं; उसे बहुत अधिक ठंडा भी किया जा सकता है, वह जमेगा नहीं।

क्या पानी याद रख सकता है? मानना पड़ेगा कि यह प्रश्न कुछ विचित्र सा लगता है, पर यह एक गंभीर और महत्त्वपूर्ण प्रश्न है। इसका संबंध एक बहुत बड़ी भौतिकी-रासायनिक समस्या से है, जिसका महत्वपूर्ण भाग अभी तक अध्ययन से अछूता है। विज्ञान में यह प्रश्न अभी सिर्फ उठाया गया है, पर इसका उत्तर अभी नहीं मिला है।

प्रश्न है : पानी के इतिहास (उसकी आपबीतियों) का प्रभाव पानी के भौतिकी-रासायनिक गुणों पर पड़ता है या नहीं; और, पानी के गुणों का अध्ययन करके उसके साथ क्या-क्या बीत चुका है यह जान लेना—पानी को अपनी कहानी "स्मरण करके" उसे सुनाने को मजबूर करना—संभव है या नहीं? हां, है; यद्यपि विश्वास नहीं होता। यह बर्फ की याददाश्त के रोचक व असाधारण उदाहरण से समझना आसान रहेगा।

बर्फ—यह भी पानी ही है। जब पानी वाष्पित होता है, तो पानी और वाष्प दोनों ही की समस्थानिक गठन बदल जाती है। भारी पानी की तुलना में हल्के पानी का वाष्पन—नगण्य सीमा में ही सही—अधिक क्षिप्र होता है।

प्राकृतिक जल के वाष्पन के दौरान उसकी समस्थानिक गठन सिर्फ ड्युटेरियम ही नहीं, भारी आक्सीजन के अनुसार भी बदलती है। वाष्प



में होने वाली समस्थानिक गठन के इन परिवर्तनों का अध्ययन भली-भांति हो चुका है, तापक्रम पर उनकी निर्भरता का भी अन्वीक्षण किया जा चुका है।

अब उस व्यापक प्रक्रिया की कल्पना कीजिए, जो पूरी पृथ्वी पर चलती रहती है। सागरों की सतह से पानी की विशाल मात्रा, अपनी परिवर्तित समस्थानिक गठन के साथ, वाष्पित होती है। वातावरण में पवन-धाराएं जलवाष्प को सारी पृथ्वी पर उड़ाती रहती हैं। ठंडे क्षेत्रों में पहुंचने पर वाष्प पूरी तरह संघनित हो जाता है, हिम का रूप धारण करता है और अपना समस्थानिक गठन स्थिर रखते हुए पृथ्वी पर बरसता है। बड़े-बड़े आर्कटिक (उत्तर ध्रुवीय) हिमनद इसी विधि से बनते हैं।

हाल में वैज्ञानिकों ने एक अनोखा प्रयोग सम्पन्न किया। आर्कटिक में, ग्रीनलैंड के उत्तर में स्थित एक बहुत मोटे हिमनद में बरमे से छेद करके, बर्फ की एक बहुत बड़ी छड़ निकाली गयी। इसकी लंबाई करीब डेढ़ किलोमीटर थी। इस पर साल-दर-साल की परतें बिल्कुल स्पष्ट दिख रही थीं। छड़ की पूरी लंबाई पर, सभी परतों का विश्लेषण किया गया। और, उनमें हाइड्रोजन और आक्सीजन के भारी समस्थानिकों—ड्युटेरियम और ^{18}O—के अनुपात के आधार पर, उन परतों के बनने का तापक्रम निर्धारित किया गया। कौन-सी परत किस साल बनी थी, यह परतों की सीधी गिनती से निर्धारित हो गया। इस प्रकार, हजारों वर्षों के दौरान पृथ्वी पर मौसमी परिस्थितियां कैसी थीं, यह ज्ञात हो सका। हम कह सकते हैं कि पानी ने यह सब स्मरण करके ग्रीनलैंड के हिमनद की गहराइयों में लिख रखा था।

बर्फ की परतों के समस्थानिक विश्लेषण के फलस्वरूप, पृथ्वी पर जलवायु के परिवर्तन का एक ग्राफ बन सका। इसे देखकर पता चलता है कि, शताब्दियों के तापक्रमी विचलनों के बाद, पृथ्वी को अपना वर्तमान औसत तापक्रम हासिल हो सका है। 15-वीं सदी में बहुत

ठंडक थी, 17-वीं सदी के उत्तरार्ध और 19-वीं सदी के पूर्वार्ध में भी खूब ठंड थी; 1550 और 1930 में तेज गर्मी थी।

जो सूचनाएं बर्फ की याददाश्त में सुरक्षित थीं, उनकी सच्चाई ऐतिहासिक दस्तावेजों, अभिलेखों, आदि, से भी सिद्ध होती है।

बर्फ के समस्थानिक गठन द्वारा निर्धारित जलवायु-परिवर्तनों की आवर्तिता के आधार पर हम यह भी बता सकते हैं कि भविष्य में हमारे ग्रह पर औसत तापक्रम कितना होगा।

यह सब बिल्कुल स्पष्ट है और समझ में आने वाला है। हजारों वर्षों से पृथ्वी के मौसम के इतिहास का ध्रुववर्ती हिमनद की परतों में लिखा जाना एक आश्चर्यजनक बात लग सकती है, पर इसमें कोई रहस्य नहीं है। समस्थानिक संतुलन का अध्ययन बहुत अच्छी तरह किया जा चुका है।

फिर बर्फ की "याददाश्त" का रहस्य क्या है? बात यह है कि पिछले वर्षों के दौरान विज्ञान में ढेरों ऐसे तथ्य सामने आये हैं जो अभी तक समझ में नहीं आये हैं। इनमें से कुछ तो सही सिद्ध किये जा चुके हैं और कुछ को संख्यात्मक रूप से सही सिद्ध करना है; पर व्याख्या इन सभी की करनी होगी।

उदाहरणार्थ, अभी तक कोई नहीं जानता कि चुंबकीय क्षेत्र से गुजरने पर पानी के साथ क्या-कुछ होता है। भौतिकविद-सिद्धांतकारों को पूरा विश्वास है कि पानी के साथ कुछ नहीं होता और हो भी नहीं सकता। अपने विश्वास के समर्थन में वे सैद्धांतिक कलन प्रस्तुत करते हैं जिनके अनुसार चुंबकीय क्षेत्र का प्रभाव खत्म होते ही पानी को तत्काल अपनी पूर्वावस्था में लौट आना चाहिए और जैसा वह पहले था वैसा ही रहना चाहिए। पर प्रयोगों से पता चलता है कि वह बदल जाता है, कुछ दूसरा हो जाता है।

बहुत ज्यादा फर्क आ जाता है क्या? खुद देख लीजिए। वाष्पित्र

में साधारण पानी का इस्तेमाल करने पर उसमें से घुले हुए लवण अलग होकर वाष्पित्र और उसकी नलियों की भीतरी दीवारों पर कड़े पत्थर की तरह बैठने लगते हैं। पर चुंबकीय क्षेत्र से गुजरे हुए पानी से लवण भुरभुरे अवसादन के रूप में अलग होते हैं।

फर्क ज्यादा नहीं है। यह सब आपके दृष्टिकोण पर निर्भर करता है। ताप-विद्युकेंद्र में काम करने वाले आदमी के अनुसार यह अंतर काफी महत्वपूर्ण है, क्योंकि चुम्बकित पानी (चुम्बकीय क्षेत्र से गुजरा हुआ पानी, चुम्बक प्रक्षालित पानी) विशाल विद्युकेंद्रों के अविराम कार्य में सहायक होता है: उसके कारण वाष्पित्र की नलियों का मार्ग बंद नहीं होता, तापसंचार अधिक अच्छी तरह से होता है, विद्युत-ऊर्जा अधिक मिलती है। पानी का चुम्बकीय शोधन अनेक तापकेंद्रों में किया जा रहा है, पर इससे लाभ का असली कारण न तो वैज्ञानिकगण जानते हैं, न ही इंजीनियर लोग। प्रयोगों से यह भी देखा गया है कि चुम्बकीय शोधन के बाद पानी में क्रिस्टलन, विलयन, अवशोषण, आदि, क्रियाएं तीव्र हो जाती हैं; क्लेदन प्रक्रिया में भी परिवर्तन होता है। यह सच है कि ये प्रभाव सभी स्थितियों में नगण्य पाये गये हैं और उन्हें दुहराकर प्राप्त करना बहुत मुश्किल होता है। पर विज्ञान में इस बात का किस तरह मूल्यांकन किया जा सकता है कि क्या कम है और क्या अधिक! कौन यह करेगा?

चुम्बकीय क्षेत्र का प्रभाव पानी पर (अवश्यंभावी रूप से तेज प्रवहमान पानी पर) सेकेंड के कुछ अल्पांशों तक ही जारी रहता है, पर पानी इसे दसियों घंटों तक "याद" रखता है। कारण अज्ञात है। इस मामले में व्यवहार विज्ञान से काफी आगे जा चुका है। हमें इतना भी पता नहीं है कि चुम्बकीय शोधन का प्रभाव किस पर पड़ता है—पानी पर, या उसमें निहित अशुद्धियों पर। शुद्ध पानी तो होता ही नहीं है।

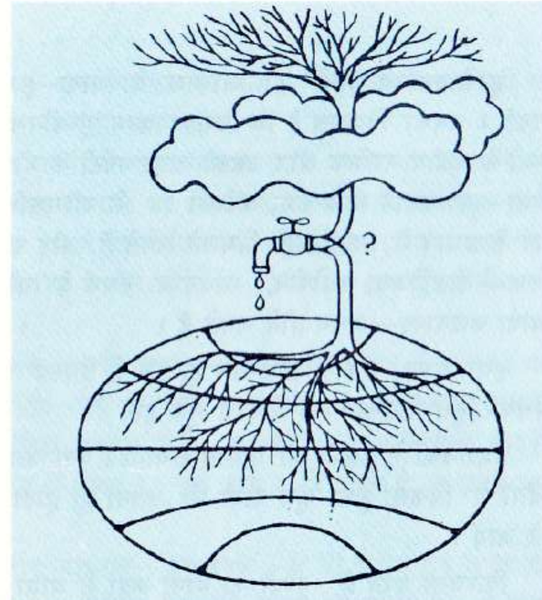
पानी की "याददास्त" चुंबकीय प्रभाव के परिणामों को सुरक्षित रखने तक सीमित नहीं है। विज्ञान में धीरे-धीरे अनेक तथ्य और अव-

लेकिन जमा होते जा रहे हैं जो एक और आश्चर्यजनक बात सिद्ध करते हैं : पानी यह भी "याद" रखता है कि वह पहले कभी जमकर बर्फ बना था ।

लगता है कि थोड़ी देर पहले बर्फ के पिघलने से बना पानी, उस पानी से भिन्न होता है जिससे बर्फ बनी थी । पिघले हुए पानी में बीजों का अंकुरण शीघ्रता से होता है; पिघला हुआ पानी पिलाने पर चूजे जल्दी बड़े होते हैं । जीववैज्ञानिकों द्वारा निर्धारित आश्चर्यजनक गुणों के अतिरिक्त, पिघले हुए पानी में शुद्ध भौतिकीय व रासायनिक विशेषताएं भी होती हैं । पिघले हुए पानी की श्यानता और पारवैद्युत-वेधिता के मान साधारण पानी के तदनुरूप मानों से भिन्न होते हैं । उसकी श्यानता पिघलने के 3-6 दिन बाद ही सामान्य होती है । ऐसा क्यों होता है (यदि ऐसा होता है), किसी को पता नहीं है ।

अधिकतर अन्वीक्षक इन संवृत्तियों को पानी की "संरचनात्मक स्मृति" का नाम देते हैं । अर्थात्, वे यह मानते हैं कि पानी के पुराने जीवन पर पड़े प्रभावों की अभिव्यक्तियां उसकी आण्विक अवस्था में सूक्ष्म परिवर्तनों के कारण होती हैं । शायद यह सच हो,...पर संवृत्ति को नाम देने का यह मतलब नहीं होता कि उसकी व्याख्या हो गयी । विज्ञान में पहले की तरह ही यह समस्या बनी हुई है : पानी अपनी आपबीती क्यों और कैसे "याद" रखता है ।

पृथ्वी पर पानी कहां से आया ? अंतरिक्षी किरणों के पुंज—विशाल ऊर्जा वाली कणिकाओं के प्रवाह—ब्रह्मांड को हर समय और हर दिशा में बेधते रहते हैं । इन कणिकाओं में अधिकतर प्रोटीन होते हैं जो हाइड्रोजन-परमाणुओं के नाभिक हैं । अंतरिक्ष में गतिमान हमारे ग्रह पर लगातार प्रोटोन "बरसते" रहते हैं । पार्थिव वातावरण की ऊपरी परत में प्रविष्ट होते ही प्रोटोन, एलेक्ट्रोन को "कैद" करके हाइड्रोजन के परमाणु में परिणत हो जाता है—और तत्काल आक्सीजन



के साथ प्रतिक्रिया करके पानी बनाने लगता है । कलनों से पता चलता है कि हर साल करीब डेढ़ टन "अंतरिक्षी" पानी समतापमंडल (वातावरण की करीब 8 km की ऊंचाई से शुरू होकर 50 km की ऊंचाई पर खत्म होने वाली परत) में उत्पन्न होता है । बहुत अधिक ऊंचाई और बहुत निम्न तापक्रम पर वाष्प की प्रत्यास्थता (दाब) बहुत कम होती है और पानी के अणु धीरे-धीरे जमा होकर अंतरिक्षी धूल-कणों पर संघनित होते हुए चांदी जैसे चमकीले रहस्यमय बादलों का रूप ग्रहण कर लेते हैं । वैज्ञानिकों का विचार है कि ये बादल बर्फ के सूक्ष्म क्रिस्टलों से बने होते हैं जो इस "अंतरिक्षी" पानी से उत्पन्न होते हैं । कलन बताते हैं कि इस तरह से पृथ्वी को उसके जन्म से लेकर अब तक अंतरिक्ष से जितना पानी मिला है, हमारे ग्रह के सागरों के उत्पन्न होने के लिए पर्याप्त है । क्या इसका अर्थ यह है कि पृथ्वी पर पानी अंतरिक्ष से आया है ? पर...

भूरसायनविद पानी को आकाश से आया हुआ अतिथि नहीं मानते। उनका विश्वास है कि उसका जन्म पृथ्वी पर ही हुआ है। पृथ्वी के केंद्रीय नाभिक और उसकी बाह्य पर्पटी के बीच स्थित परत—चोगा—को बनाने वाले कण, समस्थों के रश्मिसक्रिय क्षय से संचित ताप के प्रभाव से, कहीं-कहीं पिघलने लगते हैं और उनमें से उड़नशील घटक—नाइट्रोजन, क्लोरीन, कार्बन व गंधक के यौगिक और सबसे ज्यादा जलवाष्प—अलग होने लगते हैं।

हमारा ग्रह जब से विद्यमान है, तब से समस्त ज्वालामुखी पर्वत मिलकर कुल कितना पानी निकाल चुके होंगे ?

वैज्ञानिकों ने इसका भी हिसाब लगाया। पता चला कि ज्वालामुखी पर्वतों से निकला हुआ कुल पानी भी इतना ही होता कि सारे सागर भर जायें।

दिलचस्प प्रश्न है : पृथ्वी पर पानी कहां से आया ?

पृथ्वी पर कितना पानी है ? बहुत कम !

सारी पृथ्वी पर कितना पानी है—ठीक-ठीक कोई नहीं जानता, पर है बहुत कम।

हमारे ग्रह के केंद्रवर्ती भाग में, जिससे उसका नाभिक बना है, संभवतः पानी नहीं है। वह शायद ही वहां रह सकता है। कुछ वैज्ञानिकों का विचार है कि यदि वहां आक्सीजन और हाइड्रोजन हैं भी, तो वे अन्य तत्त्वों के साथ मिलकर विज्ञान के लिए नये अब तक अज्ञात कोई धातुवत् यौगिक बना लेंगे जिनका घनत्व बहुत अधिक होगा और जो पृथ्वी के केंद्र में पाये जाने वाले बहुत बड़े दाब और तापक्रम पर भी टिकाऊ होंगे।

दूसरे अन्वीक्षकों का विश्वास है कि पृथ्वी का नाभिक लोहे से भरा हुआ है। वहां—हमारे पैरों के नीचे 3 हजार किलोमीटर से थोड़ी

अधिक गहराई पर—वास्तविकता में क्या है, यह अब तक किसी को पता नहीं है; पर पानी वहां शायद ही है।

पृथ्वी की गहराइयों में सबसे ज्यादा पानी उसके चोगे (लबादे) में है। यह पृथ्वी की वह परत है जो उसकी बाह्य पर्पटी के नीचे शुरू होती है और करीब तीन हजार किलोमीटर की गहराई तक चली जाती है। भूवैज्ञानिकों का विचार है कि चोगे में 13 अरब घन किलोमीटर से कम पानी नहीं है।

पृथ्वी की सबसे ऊपरी परत—पर्पटी—में करीब डेढ़ अरब घन किलोमीटर अतिरिक्त पानी है। इन परतों में पाया जाने वाला लगभग सारा पानी अनुबंधित अवस्था में है, वह कणों और खनिजों में हाइड्रेट नामक घटक के रूप में होता है। उसे आप न पी सकते हैं, न उसमें नहा सकते हैं।

पृथ्वी के जलीय आवरण—जलमंडल—में भी करीब डेढ़ अरब घन किलोमीटर पानी है। लगभग यह पूरी मात्रा सागरों में है। वे पृथ्वी की 70% सतह पर फैले हुए हैं, उनका क्षेत्रफल 36 करोड़ वर्ग किलोमीटर है। अंतरिक्ष से हमारा ग्रह पृथ्वी के गोले जैसा नहीं, बल्कि पानी के गोले जैसा दिखता है।

सागरों की औसत गहराई है—करीब 4 किलोमीटर। किन्तु यदि इस "अथाह गहराई" की तुलना पृथ्वी के आकार से करें जिसका औसत व्यास 12 740 किलोमीटर है, तब ठीक इसका उल्टा यह मानना पड़ेगा कि हम लोग जिस ग्रह पर रहते हैं वह थोड़ा-सा गीला भर है, वह भी पूरी तरह नहीं। सागरों और समुद्रों का पानी खारा है—उसे पिया नहीं जा सकता।

थल पर पानी बहुत कम है : सिर्फ 9 करोड़ घन किलोमीटर के करीब। इसमें से 6 करोड़ घन किलोमीटर से अधिक पानी भूगत है और लगभग सारा का सारा नमकीन है। करीब ढाई करोड़ घन किलोमीटर ठोस पानी आर्कटिक क्षेत्र, ग्रीनलैंड और अंटार्कटिका के बर्फीले

क्षेत्रों में है। पर यह सारा पानी सुरक्षित है। यदि कहीं ध्रुवों पर स्थित बर्फ पिघल गयी, तो जैसा कि बहुत से वैज्ञानिकों का खयाल है, भारी आफत आ जायेगी—सागरों का जलस्तर 50 मीटर से अधिक ऊंचा हो जायेगा और थल का बहुत बड़ा भाग जलगत हो जायेगा। भयंकर बाढ़ के कारण बड़े-बड़े उपजाऊ क्षेत्र पानी में डूब जायेंगे और दुनिया का भौगोलिक मानचित्र इतना बदल जायेगा कि उसे पहचाना भी नहीं जा सकेगा।

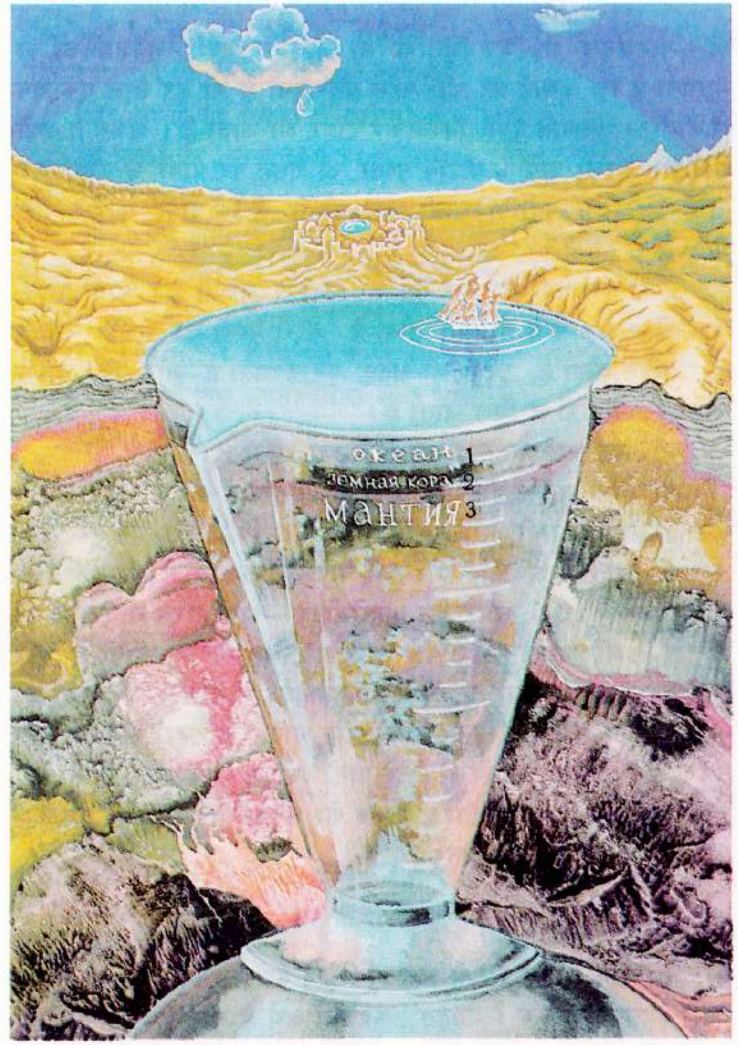
असंख्य दुर्घटनाएं होंगी। मौसम-वैज्ञानिकों का कहना है कि यदि पृथ्वी का औसत तापक्रम दो डिग्री ऊंचा हो जाये, तो बर्फ का विश्व-व्यापी द्रवण शुरू हो जा सकता है। हिमाच्छादित क्षेत्र पूरे थल का 10% अंश है। इसके अतिरिक्त, करीब 1.6 करोड़ वर्ग किलोमीटर जमीन चिरकाल से कड़ाके की ठंड से जमी हुई है, जहां बर्फ की भूगत परत करीब 500 हजार घन किलोमीटर जितनी है।

आदमी द्वारा निर्मित सभी दलदलों, पोखरों, झीलों, आदि, में कुल 500 हजार घन किलोमीटर पानी है।

पानी वायुमंडल में भी है। हवा में, यहां तक कि निर्जल मरुभूमि में भी, जहां पानी की एक बूंद भी नहीं है और कभी कोई वर्षा नहीं होती, थोड़ा-बहुत जलवाष्प जरूर उपस्थित रहता है। इसके अतिरिक्त, आकाश में हमेशा ही बादल होते हैं, घटाएं एकत्र होती हैं, कुहासा छा जाता है। वायुमंडल में उपस्थित पानी के इस भंडार का भी बिल्कुल सही-सही हिसाब लगाया जा चुका है—इसमें करीब 14 हजार घन किलोमीटर पानी है।

बस, ये ही सब बातें हैं जो पृथ्वी पर पानी के भंडार और इसके वितरण के बारे में जानी जा सकती हैं। इसमें इतना ही जोड़ना रह जाता है कि पानी पृथ्वी पर कभी स्थिर नहीं रहता।

प्रकृति में पानी का चिरकालिक चक्र चलता रहता है जो सभी जल-स्रोतों को एक सूत्र में पिरोये रखता है, चाहे ये स्रोत कहीं भी क्यों न



अंशांकित बर्तन पर शब्द हैं (ऊपर से) :
सागर, भूपर्पटी, चोगा।

हों—वायुमंडल में, जलमंडल में या जीवमंडल में। भूवैज्ञानिकों की मान्यता है कि हमारे ग्रह की गहन गहराइयों से भी हर साल एक घन किलोमीटर नवजात पानी निकलकर बाहर आ जाता है। संभव है इसी के कारण अरबों वर्षों के दौरान पृथ्वी की सतह पर पानी के भंडार बन पाये हों। वैसे, ज्योतिर्विज्ञानी यह मानते हैं कि पानी की उत्पत्ति अंतरिक्ष से हुई है।

पृथ्वी पर पानी का चक्र सूर्य की ऊर्जा से चलता है। पानी पवन-धाराओं के प्रभाव से वाष्पित होता है, सारी पृथ्वी का चक्कर लगाता है, संघनित होता है, पृथ्वी की सतह पर बरसता है और फिर वापस लौटकर—सागरों में मिल जाता है।

और यह चक्र अन्तहीन रूप से चलता रहता है।

हर साल सागरों और महादेशों की सतहों से करीब 520 हजार घन किलोमीटर पानी वाष्पित होता है और फिर पूरा का पूरा अव-सादनों—वर्षा और बर्फ—के रूप में वापस लौट आता है। इसमें से भी अधिकांश—410.5 हजार घन किलोमीटर—पानी तुरंत सागरों में जा मिलता है; और बाकी—109.5 हजार घन किलोमीटर—पानी थल की सिंचाई करता है, हमारे ग्रह के सभी महादेशों में सभी जीवधारियों को जीवन प्रदान करता है। दुनिया की सभी नदियों के सहारे समुद्र में प्रति वर्ष 37.4 हजार घन किलोमीटर पानी वापस बहकर आ जाता है। बाकी पुनः वाष्पित हो जाता है। थल का लगभग एक-तिहाई जल, पेड़-पौधों के जरिये वाष्पित होता है।

पृथ्वी पर जब इतना अधिक पानी है, तो उसे कम क्यों कहा जाता है ? यह प्रश्न विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। सच्चाई क्या है: पृथ्वी पर पानी बहुत है या कम ? "बहुत" का क्या अर्थ है और "कम" का क्या अर्थ है ?

जैसा कि पहले कहा जा चुका है, वैज्ञानिकों को अभी ठीक-ठीक

पता नहीं कि पृथ्वी पर कितना पानी है—पर उन्हें विश्वास है कि यह 16 अरब घन किलोमीटर से कम नहीं है।

और पृथ्वी का द्रव्यमान लगभग $6.0 \cdot 10^{21}$ टन है। इसका अर्थ हुआ कि पृथ्वी पर उसके द्रव्यमान के चौथाई प्रतिशत अंश से कम पानी नहीं है। क्या यह कम है ?

अब 1 घन किलोमीटर पानी कितना होगा, इसकी कल्पना कीजिए। पानी का बना हुआ एक किलोमीटर ऊंचा घन! वह बादलों से भी ऊंचा होगा। उसके आधार-क्षेत्र पर छोटा-मोटा शहर आराम से अँट सकता है। उसमें 1 अरब टन पानी होगा जिससे सारी दुनिया के लोग करीब छः महीने तक अपनी प्यास बुझा सकते हैं।

अकेली सिर्फ नदियां ही संसार के सागरों तक प्रति वर्ष करीब 40 हजार घन किलोमीटर पानी वहन करती हैं। इसका मतलब है कि जितना पानी साल भर के दौरान सिर्फ नदियां देती हैं, वही दुनिया के सभी लोगों के लिए पच्चीस हजार वर्षों तक काफी होगा। क्या यह कम है ?

हां, यह निस्संदेह बहुत अधिक है! पर बात यह है कि आदमी को पानी चाहिए भी बहुत ज्यादा। उसकी पानी की आवश्यकता पृथ्वी पर मीठे पानी के नवीकृत होते रहने वाले स्रोतों की क्षमता के निकट पहुंच गयी है।

आदमी को अच्छा साफ मीठा पानी चाहिए। इसके बिना वह जी नहीं सकता।

पानी के बिना खेतों में अनाज नहीं उपज सकता। पानी के बिना कल-कारखाने काम नहीं कर सकते। तापीय और परमाणु विद्युतकेंद्र भी अपना काम ठप्प कर देंगे। पानी की जरूरत कृषि और उद्योग दोनों को ही है।

समाज को कितना पानी चाहिए ? किस काम में आदमी इस मूल्य-वान द्रव्य को खर्च करता है ?

अभी हमारे इस समय में ही लोग नदियों और झीलों से हर साल करीब 2 हजार घन किलोमीटर मीठा पानी अपनी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए ले लेते हैं। पानी की यह मात्रा, पृथ्वी की सभी नदियों के वार्षिक बहाव का बीसवां अंश है। यदि बाढ़ के समय के अतिरिक्त बहाव को नजरअंदाज कर दिया जाये, तो यह मात्रा नदियों के वार्षिक स्थिर बहाव का 13% अंश है। सबसे ज्यादा पानी सिंचाई में खर्च होता है। शुष्क क्षेत्रों में बड़ी-बड़ी नदियों का अधिकांश पानी खेतों को सींचने में खर्च हो जाता है। नील नदी का आधा पानी मिस्र के खेतों में पहुंचाया जाता है। तूफानी चंचल नदी सिरदरिया में बहकर आये पानी का दो-तिहाई भाग कजाखस्तान के खेतों में खर्च हो जाता है, अराल सागर तक मुश्किल से एक-तिहाई भाग पहुंचता है।

जल-आपूर्ति के लिए पृथ्वी की नदियों से करीब 150 घन किलोमीटर पानी निकाल लिया जाता है। यह पानी लोगों के दैनंदिन जीवन में और उद्योग में काम आता है। प्रथम दृष्टि में यह खपत कुछ ज्यादा नहीं लगती; यह वार्षिक स्थिर बहाव का सिर्फ 1 प्रतिशत अंश है और लगता है कि जलस्रोतों के सूख जाने का कोई खतरा नहीं है। पर बात ऐसी नहीं है...। मानवता के सामने पानी की किल्लत का वास्तविक खतरा आ रहा है। पश्चिम के अधिकांश विकसित देशों के सामने तो वह लगभग आ भी गया है।

बात यह है कि लोग अपनी आवश्यकता की पूर्ति के लिए नदियों से जो 150 घन किलोमीटर पानी निकालते हैं, जल-आपूर्ति में इसके अतिरिक्त और भी 400-500 घन किलोमीटर पानी खर्च हो जाया करता है। इस तरह घरों और उद्योगों के लिए जल-आपूर्ति में मीठे पानी की कुल खपत करीब 600 घन किलोमीटर है।

पानी की इतनी बड़ी मात्रा में से सिर्फ 150 घन किलोमीटर पानी वापस नहीं हो पाता है; बाकी पानी काम में आने के बाद गंदा होकर नाली के पानी के रूप में पुनः नदियों और झीलों में पहुंचता है. उन्हें

विषाक्त करता है, उन्हें आदमी और अन्य जीवों के उपयोग के लिए बेकार कर देता है।

नाली के पानी को अहानिकर करने के लिए उसे पहले अच्छी तरह से साफ कर लेना चाहिए, फिर उसमें स्वच्छ प्राकृतिक जल करीब दस गुनी मात्रा में मिला लेना चाहिए। यदि वह साफ नहीं किया गया है, तो उसमें 20-60 गुनी अधिक मात्रा में स्वच्छ जल मिलाना पड़ता है और इसके बाद ही नदी में वापस बहाया जाता है। इस काम के लिए, दुनिया में करीब 6 हजार घन किलोमीटर साफ पानी खर्च होता है। यदि पानी की इस खपत की तुलना दुनिया की नदियों में बहने वाले पानी की कुल मात्रा (वार्षिक स्थिर बहाव) से की जाये, तो मानवता के सामने मीठे पानी की किल्लत के भयानक खतरे को महसूस करना कठिन नहीं होगा।

घरों और उद्योगों के गंदले पानी को अहानिकर बनाने में मीठे पानी के स्थिर वार्षिक बहाव का करीब 40% अंश अभी ही प्रयुक्त होने लगा है, जो मनुष्य की वास्तविक आवश्यकता से तीन गुना अधिक है।

आज समाज को जल-संकट की चेतावनी सुननी पड़ रही है— इसलिए नहीं कि पृथ्वी पर पानी कम है, बल्कि इसलिए कि वर्तमान प्राविधिक और औद्योगिक उत्पादन के आधुनिक संगठन के कारण, आदमी अपने कार्यकलाप से प्राकृतिक स्वच्छ जल को बहुत बड़ी मात्रा में गंदा और खराब करने को विवश है।

नाली के गंदे पानी के कारण नदी के जल से जीवन का लोप होने लगता है, मछलियां मृत हो जाती हैं, शुरू में जलीय वनस्पति बहुतायत से फैलने लगती है और फिर वह भी सड़ने लगती है, सूक्ष्म हानिकर पादप विकसित होने लगते हैं, पानी में सड़ांध पैदा हो जाती है।

राइन की गणना योरप की मुख्य नदियों में होती है। इसके पानी की स्वच्छता को लेकर अनेक दंतकथाएं गढ़ी गयी हैं, पर अब राइन नदी एक गंदा नाला बनकर रह गयी है।

क्या इसका मतलब है कि पानी की रक्षा होनी चाहिए ? पर कैसे ? हां ! दुनिया में कुछ भी इतना मूल्यवान नहीं, जितना साधारण-सा साफ पानी है। यह एक निराला द्रव्य है। इसके बिना जीवन की कल्पना भी नहीं की जा सकती। पानी की रक्षा होनी चाहिए। यह बात हर आदमी को समझनी चाहिए और याद रखनी चाहिए—चाहे कोई भी जीवन-पथ उसने क्यों न चुना हो। उसे जो भी बनने की इच्छा हो, वह जहां भी काम करे, उसे यह बात नहीं भूलनी चाहिए कि पानी की अवश्य ही रक्षा होनी चाहिए ! इसका मतलब है—जीवन की रक्षा, स्वास्थ्य की रक्षा, समृद्धि की रक्षा, परिवेशी प्रकृति के सौंदर्य की रक्षा। यह हर एक का कर्तव्य है।

प्रकृति में जो कुछ भी है, जटिल और अक्सर आशातीत संबंधों द्वारा एक अटूट सतत संकुल के रूप में जुड़ा हुआ है। अफसोस कि इस छोटी-सी पुस्तक में इतनी जगह नहीं कि इसके बारे में ज्यादा कहा जा सके। फिर भी, एक उदाहरण देना गलत नहीं होगा। नदी पानी से भरी-पूरी रहे, इसके लिए जरूरी है कि उसके तटों पर जंगल उगें। जंगल नदी का पोषण करने वाली भूगत आर्द्रता का भंडार संचित करते हैं और उसकी रक्षा करते हैं। और, हानिकर कीड़े-मकोड़ों से जंगल की रक्षा चींटियां करती हैं (यह सच है कि वे कुल्हाड़ी से जंगल को नहीं बचा सकतीं)। इस प्रकार, बड़ी-सी नदी का जीवन छोटी-छोटी चींटियों के जीवन से सम्बद्ध है। यदि आप जंगलों में सिर्फ सैर करने के लिए ही जाते हैं, तो भी आपको चींटियों के छोटे-छोटे बिलों की रक्षा करनी चाहिए।

यह भी पानी की ही देख-भाल है।

हर आदमी को, जिसे हमारे देश में खेतों में अन्न उपजाना होगा, यह बात याद रखनी चाहिए कि जमीन को इस प्रकार जोता जाय कि वसंत ऋतु में पिघलती बर्फ की आर्द्रता खेतों से व्यर्थ न बह सके।

जिसे मोटर-गाड़ी के स्टियरिंग को संभालना है, उसे याद रखना

चाहिए कि जमीन पर पेट्रोल या जला हुआ तेल उड़ेल देना, या गाड़ी को नदी में धोना, एक भारी अपराध है। एक किलोग्राम पेट्रोल नदी के हजारों घनमीटर पानी को, या भूगत आर्द्रता को, विषाक्त कर देता है और उसे सभी जीवधारियों के लिए नुकसानदेह बना देता है।

यदि नल खराब हो गया हो और उसमें से पानी लगातार चू रहा हो, तो उसे ठीक करा लेना चाहिए, अन्यथा कई घन मीटर मूल्यवान आर्द्रता बर्बाद हो जायेगी—और किसी दूसरी जगह, हो सकता है, किसी को पीने के लिए पानी न मिले, कोई मुंह-हाथ धोने से वंचित रह जाये, किसी को आटा सानने के लिए पानी कम पड़ जाये, आदि-आदि। साथ ही, वह बहुत बड़ा श्रम बर्बाद हो जायेगा जो पानी को वाह्य गंदगी और रोगकर जीवाणुओं से मुक्त करके उसे स्फटिक जैसे स्वच्छ रूप में आपके नल तक पहुंचाने में खर्च हुआ है। इस काम में कई किलोवाट-घंटा ऊर्जा खर्च हो जाती है; इस बेकार की हानि से कहीं पर बत्ती नहीं जलेगी, किसी के कपड़े नहीं सिल पायेंगे, कहीं इस्पात का उत्पादन धीमा हो जायेगा, किसी घर का बनना कुछ समय के लिए रुक जायेगा।

जो भी आदमी इस किताब को हाथ में ले, चाहे उसका जो भी बनने का सपना हो—रसायनविद, धातुकर्मी, मशीनरचनाकार; चाहे जो भी वह करे—नयी-निराली प्राविधिक प्रक्रियाओं को जन्म दे, नये उपकरणों का हिसाब लगाये, नये-नये शक्तिशाली तापीय और परमाणु विद्युतकेंद्रों का नियोजन और निर्माण करे, निम्नलिखित बात को जानना और याद रखना उसका कर्तव्य है : उसके द्वारा निर्मित सभी नये कारखाने, औद्योगिक केंद्र, शहर, आदि, इस प्रकार नियोजित होने चाहिए कि उनसे प्राकृतिक परिवेश को हानि न पहुंचे, वे जलाशयों, वायुमंडल और पृथ्वी को दूषित व विषाक्त न करें।

हमारी सुंदर पृथ्वी पर स्वच्छ जल का बाहुल्य होना चाहिए; आदमी को इस पर हमेशा स्वच्छ हवा में सांस लेना चाहिए।

आधुनिक विज्ञान आज की इस सबसे महत्वपूर्ण समस्या को सफलतापूर्वक हल करने की सारी संभावनाएं प्रदान करता है।

पानी के किस गुण को सबसे ज्यादा महत्वपूर्ण कहा जा सकता है? इस तरह का प्रश्न पूछना ही नहीं चाहिए। विज्ञान तथा प्रकृति में न तो कोई चीज प्रमुख है, और न ही गौण। विश्व में जो कुछ भी है, व्यतिक्रिया (पारस्परिक अभिक्रिया) की अनंत अटूट लड़ी में पिरोया हुआ है जिसमें छोटे-बड़े का कोई भेदभाव नहीं है। यदि पानी के ऐसे गुण लिये जायें, जिनका भली भांति अध्ययन किया जा चुका है, और उन्हें अपनी कल्पना में थोड़ा बदलने की कोशिश की जाये, जैसा कि रोमांचकारी वैज्ञानिक उपन्यासों में किया जाता है, तो इसके सारे परिणामों और हमारी दुनिया में होने वाले सभी परिवर्तनों का अंदाजा कोई प्रतिभाशाली लेखक ही लगा पायेगा। हम अपनी दुनिया को पहचान भी पायेंगे, या नहीं? हम उसमें जीवित भी रहेंगे, या नहीं?

पर प्रश्न उठाया जा चुका है और इसका जवाब दिया जाना चाहिए।

विश्व में सबसे महत्वपूर्ण है—जीवन। जीवन—पदार्थ के विकास की पराकाष्ठा है। और, बिना पानी का जीवन विज्ञान को अभी तक दुनिया में कहीं नजर नहीं आया है। एक भी ऐसा जीवधारी नहीं है जो पानी के बिना जी सके, विकसित हो सके। हमारे शरीर में 65% से अधिक पानी ही है। पानी के बिना हम चंद दिन भी जीवित नहीं रह सकते। हमारे शरीर में होने वाली सारी प्रक्रियाएं जलीय परिवेश में और जल के सहयोग से ही संभव हैं। इस दृष्टि से पानी का सबसे महत्वपूर्ण गुण वह है जिसके कारण पानी जीवन का आधार बन सका है। यह गुण अभी भी रहस्यमय है, हमारी नजरों से छिपा हुआ है। विज्ञान को अभी इस रहस्य पर से पर्दा उठाना है। पर यह स्पष्ट है कि प्रकृति में पानी से बहुमूल्य द्रव्य और कुछ नहीं है।

क्या वैज्ञानिकगण पानी के सभी गुणों को समझ चुके हैं? बेशक नहीं! पानी—एक रहस्यमय द्रव्य है। आज भी वैज्ञानिक इसके अनेक गुणों को समझने और उनकी व्याख्या करने में असमर्थ हैं।

इसमें संदेह नहीं कि इस तरह के सारे रहस्य विज्ञान की दृष्टि से हमेशा छिपे नहीं रह सकते। पर इसके साथ ही पानी के नये, निराले और रहस्यमय गुणों की भी खोज होगी, पानी के—जो विश्व का सबसे असाधारण द्रव्य है!

क्या इस पुस्तक में पानी के सभी गुणों का वर्णन हो चुका है? अफसोस, नहीं। सबसे दिलचस्प गुणों के लिए भी जगह नहीं बची। लेकिन, जिन्हें पानी के सभी गुणों को सविस्तार जानने की इच्छा हो (अर्थात्, जिनका अध्ययन हो चुका है), वे स्वयं उन्हें जान सकते हैं।

इसके लिए उन्हें विश्व में प्रकाशित उन सभी वैज्ञानिक पत्र-पत्रिकाओं और पुस्तकों को पढ़ना होगा जिनमें रसायन, भौतिकी, जीवविज्ञान, शरीरक्रिया-विज्ञान, जीवरसायन, जीवभौतिकी, भूविज्ञान, भूरसायन आदि पर वैज्ञानिक रचनाएं छपी हों।

ज्योतिर्विज्ञान और ज्योतिर्भौतिकी की पुस्तकें भी पढ़नी होंगी (यह जानना बहुत रोचक होगा कि अन्य ग्रहों, अंतरातारक व्योम और सुदूर स्थित आकाश-गंगाओं में पानी है या नहीं? और, वहां ज्योतिर्विद इसका अध्ययन कैसे करते हैं?)। जीवविज्ञान और वनस्पतिशास्त्र का अध्ययन करना होगा (कोई भी जीव या पौधा पानी के बिना नहीं रह सकता)। मछलियां और सूक्ष्म जीव पानी में रहते हैं—मत्स्य विज्ञान और सूक्ष्मजीवविज्ञान पर कृतियों को भी पढ़ना होगा।

जाहिर है कि जलविज्ञान, सागरविज्ञान, झीलविज्ञान को भी छोड़ा नहीं जा सकता। नदी-उत्पत्ति सिद्धांतों से संबंधित लेखों को भी पढ़ना पड़ेगा, हिमविज्ञान (यह महत्वपूर्ण विज्ञान हिम के गुणों का अध्ययन करता है, इसके बिना सुदूर उत्तर में गृहनिर्माण संभव नहीं है) और गुहा-



विज्ञान (गुफाएं पृथ्वी की गहराइयों में पानी द्वारा ही बनी हैं, यह भी पानी के गुणों में से एक है) जैसे शास्त्रों को भी आत्मसात करना होगा।

तापप्रवेगिकी के बिना और्जिकी में पानी की भूमिका समझना कठिन है (सभी तापीय विद्युकेन्द्र जलवाष्प से, और जलविद्युकेंद्र पानी से, चलते हैं)। नाभिकीय भौतिकी का भी अध्ययन करना पड़ेगा (परमाणु और्जिकी को भारी पानी से सक्रिय करते हैं)। नाभिकीय भौतिकी का अध्ययन भी करना पड़ेगा (परमाणु और्जिकी को भारी पानी की क्या आवश्यकता है ?)। हाइड्रोलिक्स (द्रव इंजीनियरी) नामक एक और विस्तृत तथा कठिन विज्ञान है।

विद्युतकनीक के भी कई अनुच्छेदों को पढ़ना पड़ेगा। इस विज्ञान के बिना जलरसायन को आत्मसात नहीं किया जा सकता जिसकी अधिकांश प्रक्रियाएं जलीय घोलों पर आश्रित हैं।

पृथ्वी पर कौन-सी नदियां, सागर, महासागर कहां स्थित हैं, इसका वर्णन भूगोल करता है। नौचालन—जहाज चलाने और बनाने

के सिद्धांतों का अध्ययन करने वाला विज्ञान—पानी के बिल्कुल अलग गुणों का अध्ययन करता है।

बादल क्यों उत्पन्न होते हैं और वर्षा क्यों होती है, इन सब बातों का अध्ययन करने वाले मौसम विज्ञान से भी पानी के बारे में अनेक रोचक बातें जानी जा सकती हैं।

चिकित्सा-संबंधी वैज्ञानिक कृतियां की भी उपेक्षा नहीं की जा सकती—स्वयं मनुष्य में सारी जीवन-प्रक्रियाएं जलीय परिवेश में संपादित होती हैं।

आप सोचते होंगे कि इतिहास या अर्थशास्त्र से सम्बंधित पुस्तकों को शायद छोड़ा जा सकता है? नहीं, इतिहास और अर्थशास्त्र का विकास हमारे ग्रह पर संचार और यातायात के जलमार्गों द्वारा निर्धारित हुआ है।

यदि अच्छी तरह से सोचा जाये, तो शायद ज्ञान की और भी अनेक शाखाओं का नाम गिनाया जा सकता है जिनमें पानी के गुणों का अध्ययन होता है। आप खुद भी कोशिश कर सकते हैं सोचने की।

क्या पानी के विषय में सब कुछ ज्ञात हो चुका है? अपेक्षाकृत कुछ समय पहले तक हमारी शती के चौथे दशक में रसायनविदों को पूरा विश्वास था कि वे पानी का गठन बहुत अच्छी तरह से जानते हैं। पर एक दिन एक के मन में विद्युविश्लेषण के बाद बचे पानी का घनत्व मापने का विचार पैदा हुआ। नापने पर वह दंग रह गया: घनत्व साधारण से कुछेक लक्षांश अधिक था।

विज्ञान में कुछ भी गौण नहीं होता। इस नगण्य अंतर का कारण ढूंढ़ना पड़ा। परिणामस्वरूप वैज्ञानिकों ने प्रकृति के अनेक नये रहस्यों की खोज की। उन्हें पता चल गया कि पानी बहुत ही जटिल द्रव्य है। पानी के नये समस्थानिक रूप मिले। साधारण पानी से भारी पानी निकाला गया। पता चला कि वह भावी ऊर्जिकी के लिए अत्यंत

महत्वपूर्ण द्रव्य है। अब सारी दुनिया के भौतिकविद इस समस्या के हल में अथक रूप से जुटे हुए हैं। और, यह सब शुरू हुआ था एक बिल्कुल साधारण, दैनंदिन और अरोचक राशि—घनत्व—की माप से। बात इतनी सी थी कि पानी का घनत्व एक अतिरिक्त दशमलव अंक की शुद्धता से नापा जा सकता था।

हर नया अधिक शुद्ध माप, हर नया विश्वस्त कलन, हर नया अवलोकन पुराने ज्ञान की शुद्धता और विश्वसनीयता को ही नहीं बढ़ाता, वह नयी अज्ञात चीजें उपस्थित करता है, उन तक पहुंचने के लिए ज्ञान का मार्ग प्रशस्त करने में सहायक होता है।

मानव बुद्धि की कोई सीमा नहीं, उसकी संभावनाओं की भी कोई सीमा नहीं। दुनिया के सचमुच में सबसे अनोखे द्रव्य—पानी—के बारे में, इसकी प्रकृति और इसके गुणों के बारे में, अब हम जितनी बातें जानते हैं, ये भी इस पुस्तक के पाठकों के समक्ष नयी, और भी बड़ी, असीम संभावनाएं खोलेंगी। किसे पता है कि कल आप कौन सी नयी बातें जानेंगे और किस नयी, आश्चर्यजनक संवृत्ति का आविष्कार करेंगे।

आप सिर्फ देखना और आश्चर्य करना सीखें।

दुनिया की हर अन्य वस्तु की तरह पानी के गुण भी अगणित हैं।

पाठकों से

मीर प्रकाशन इस पुस्तक के अनुवाद और डिजाइन संबंधी आपके विचारों के लिये आपका अनुगृहीत होगा। आपके अन्य सुझाव प्राप्त करके भी हमें बड़ी प्रसन्नता होगी। कृपया हमें इस पते पर लिखिये :

मीर प्रकाशन
पेर्वी रीज्स्की पेरेऊलोक, २
मास्को, सोवियत संघ

"वैज्ञानिक तथा स्कूली छात्रों के बीच ज्ञान वार्ता" पुस्तक-माला के अन्तर्गत सरल व रोचक भाषा में छोटी-छोटी पुस्तकें प्रकाशित की जा रही हैं। इनको पढ़कर पाठकों की विज्ञान के विभिन्न विषयों में रुचि बढ़ेगी तथा उनके ज्ञान का विकास होगा।

•

ये. चाजोव

हृदय तथा २०-वीं सदी

•

व्ला. इ. कुज्नेत्सोव

प्रकाश

हमारे अन्य प्रकाशन

द. जातूला, स. मामेदवा

विषाणु : मित्र या शत्रु

•

व्ला. अ. किरीलिन

औजिकी : आज और कल

सर्वसुलभ भाषा में

से. वेनेत्स्की

रचित

कहानियां धातुओं की

किस्सों, दंतकथाओं और मजेदार लतीफों के ताने-बाने में धातुओं के आविष्कार और उनके बढ़ते उपयोग का गंभीर इतिहास।

विज्ञान और तकनीकी विकास में चालिकी (साइबरनेटिक्स) की क्या भूमिका है? मानव-संस्कृति को वह क्या दे सकती है? — इन प्रश्नों के उत्तर के लिये पढ़ें:

अकादमीशियन

वि. ग्लुश्कोव

रचित

चालिकी क्या है?

एक तीव्र विकासशील विज्ञान के साथ प्रथम परिचय!